



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Elèctrica

**IMPLEMENTACIÓ DE CRITERIS D'OPTIMITZACIÓ ENERGÈTICA EN
UNA VIVENDA UNIFAMILIAR CONTEMPLANT L'ÚS D'ENERGIA
SOLAR FOTOVOLTAICA**



Memòria, Anàlisi Econòmica, Plànols i Annexos

Autor: Joan Ferrer Roig

Director: Robert Piqué López

Convocatòria: Juny 2019





Aquesta obra està sota una llicència 3.0 Espanya de Creative Commons del tipus
Reconeixement - No comercial - Sense obres derivades

Per a veure una còpia d'aquesta llicència visiti
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/> o envii una carta a Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA o a Creative Commons, 543 Howard Street, 5th Floor, San Francisco, California, 94105, USA.

Vostè és lliure de copiar, distribuir i comunicar públicament l'obra sota les condicions següents:

- **Reconeixement.** Heu de reconèixer els crèdits de l'obra de la manera especificada per l'autor o el llicenciador (però no d'una manera que suggereixi que us donen suport o rebeu suport per l'ús que feu l'obra).
- **No comercial.** No podeu utilitzar aquesta obra per a finalitats comercials.
- **Sense obres derivades.** No podeu alterar, transformar o generar una obra derivada d'aquesta obra.

Al reutilitzar o distribuir l'obra s'han de deixar ben clars els termes de la seva llicència.

Resum

Per donar resposta a l'insostenible augment del consum energètic del planeta que dona lloc a preocupants transicions com l'escalfament global, així com per presentar un sistema eficient tècnicament i econòmicament a tenir en compte per la seva exponencial popularitat, en aquest treball acadèmic es proposen una sèrie de criteris i mètodes a seguir per reduir i optimitzar el consum energètic en una vivenda unifamiliar ubicada a l'illa d'Eivissa. L'habitatge està connectat a la xarxa de distribució i es dissenya un sistema propi de generació d'energia fotovoltaica, pel que el conjunt formarà una micro-xarxa híbrida intel·ligent.

En tot moment es segueix una metodologia segons la normativa ISO 50001 i els requisits i limitacions imposats pel marc legal. S'afronta l'estudi des d'una perspectiva tècnica i sobretot de l'especialitat elèctrica, es dona rellevància a la proposició d'implementar un sistema de gestió d'energia en l'habitatge per millorar el seu consum i ús d'energia elèctrica, així com per maximitzar l'ús de l'energia d'origen renovable generada per l'immoble, el qual es caracteritza com una instal·lació d'autoconsum sense excedents.

Resumen

Para dar respuesta al insostenible aumento del consumo energético del planeta que da lugar a preocupantes transiciones como el calentamiento global, así como para presentar un sistema eficiente técnica y económicamente a tener en cuenta por su exponencial popularidad, en este trabajo académico se proponen una serie de criterios y métodos a seguir para reducir y optimizar el consumo energético en una vivienda unifamiliar con emplazamiento en la isla de Ibiza. La vivienda está conectada a la red de distribución y se diseña un sistema propio de generación de energía fotovoltaica, por lo que el conjunto formará una micro-red híbrida inteligente.

En todo momento se sigue una metodología según la normativa ISO 50001 y los requisitos y limitaciones impuestos por el marco legal. Se afronta el estudio desde una perspectiva técnica y sobretodo de la especialidad eléctrica, se da relevancia a la proposición de implementar un sistema de gestión de energía en la vivienda para mejorar su consumo y uso de energía eléctrica, así como para maximizar el uso de la energía de origen renovable generada por la vivienda, que se caracteriza como una instalación de autoconsumo sin excedentes.

Abstract

As a response to the unsustainable increase in the world's energy consumption which gives us worrying transitions as the global warming, as well as to show an efficient system in technical and economic aspects to have in consideration due to its exponential popularity, several criteria and methods to follow to reduce and optimize energy consumption in a single-family home located in Ibiza island are proposed. The house is connected to the grid and it is designed its own system of photovoltaic energy generation. The whole installation will form a smart hybrid micro-grid.

Throughout this document, a methodology according to ISO 50001 standard and the requirements and limitations imposed by the legal framework is followed. The study is approached from a technical perspective and from the the electric speciality, having a great relevance the proposal to design a home energy management system to improve the house's energy consumption and use of electric power, as well as to maximize the use of the generated renewable energy. The house will be classified as a self-consumption installation without surplus energy.

Agraïments

Agraeixo a tota la meva família el suport en tots aquests anys a la universitat.

A l'enginyer no titulat de casa per ensenyar-me el món elèctric.

Al meu grup d'amics i companys de classe per tots els bons moments.

A Robert Piqué pel guiatge i ajuda en l'elaboració del treball.



Índex

VOLUM I – MEMÒRIA	1
1. RAÓ I SER DEL TREBALL	2
1.1. Motivació del treball	2
1.2. Objectius del treball	2
1.3. Abast del treball	3
2. MARC FÍSIC: MICRO-XARXA.....	5
2.1. Arquitectura d'una micro-xarxa	6
2.2. Fluxos de potència.....	8
2.3. Gestió d'una micro-xarxa	10
3. MARC LÒGIC.....	12
3.1. Necessitat de l'estudi.	12
3.2. Marc conceptual. ISO-EN 50001	14
4. MARC LEGISLATIU	18
4.1. Introducció al marc regulador d'Espanya.....	18
4.2. Modalitat a la que s'acollirà l'habitatge d'estudi.....	21
5. INTRODUCCIÓ A L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	22
5.1. Generació d'energia solar fotovoltaica.	22
5.2. Emmagatzematge d'energia fotovoltaica.	25
6. INTRODUCCIÓ A LA OPTIMITZACIÓ ENERGÈTICA.....	28
6.1. Algorisme per optimitzar el comportament energètic en una vivenda amb una micro-xarxa amb generació fotovoltaica.....	28
6.2. Criteris per reduir el consum energètic.	30
6.2.1. Habitatges de nova construcció o que es contempli una reforma	31
6.2.2. Qualsevol habitatge	32
6.3. Criteris d'optimització energètica.	37
6.3.1. Sistema de gestió d'energia.	37
6.3.2. Introducció a les polítiques energètiques.	38
6.4. Criteris d'estalvi en la factura elèctrica	41

7.	OBJECTE I EMPLAÇAMENT DEL CAS D'ESTUDI	43
8.	CRITERIS DE REDUCCIÓ DE CONSUM ENERGÈTIC EN EL CAS D'APLICACIÓ.....	46
9.	ESTUDI DE LA MICRO-XARXA DE L'HABITATGE	47
9.1.	Estudi del consum domèstic.....	47
9.1.1.	Previsió de càrregues.	47
9.1.2.	Detall de les càrregues més significatives.	48
9.1.3.	Previsió del comportament dels habitants segons dia i època.	52
9.1.4.	Simulació i anàlisi del perfil de càrregues domèstiques.	53
9.2.	Prioritat de les càrregues de l'habitatge.	59
9.3.	Determinació de l'arquitectura de la micro-xarxa.	60
10.	DISSENY DEL SISTEMA DE GESTIÓ D'ENERGIA	62
10.1.	Escenaris de disseny.....	62
10.2.	Implementació de polítiques energètiques	63
10.2.1.	Polítiques energètiques al costat de generació	63
10.2.2.	Polítiques energètiques al costat de demanda.....	66
10.3.	Simulacions de diferents escenaris de la micro-xarxa per definir els seus paràmetres i funcionament.	68
10.3.1.	Escenari 1: Habitatge sense generació fotovoltaica ni optimització.....	68
10.3.2.	Escenari 2: Micro-xarxa amb <i>load shifting</i> i amb tarifes amb discriminació horària amb generació fotovoltaica.....	69
10.3.3.	Escenari 3: Micro-xarxa sense sistema d'emmagatzematge	70
10.3.4.	Escenari 4: Determinació de la capacitat òptima del sistema.	71
10.3.5.	Escenari 5: Comportament variant potència límit del <i>peak shaving</i>	76
11.	CONFIGURACIÓ DEL GENERADOR FOTOVOLTAIC	80
11.1.	Emplaçament de la instal·lació.....	80
11.2.	Emplaçament del sistema de captació.....	81
11.2.1.	Anàlisi de radiació solar.....	81
11.2.2.	Geometria solar.....	82
11.2.3.	Estudi d'ombres i zona d'emplaçament.....	85
11.2.4.	Col·locació dels panells fotovoltaics.....	86
11.3.	Sistema de captació.....	88
11.4.	Estructura de suport dels panells.....	89
11.5.	Sistema d'emmagatzematge.....	90

11.6.	Sistema de conversió.....	92
11.7.	Elements físics del sistema de gestió d'energia.	94
11.8.	Sistema de distribució.	97
11.8.1.	Estructura del sistema de distribució.....	97
11.8.2.	Dimensionament del sistema de distribució.....	98
11.8.3.	Càlculs pel dimensionament del sistema de distribució	98
11.9.	Sistemes de protecció.	102
11.10.	Posada a terra	105
12.	MODELITZACIÓ DE LA MICRO-XARXA DISSENYADA.....	106
12.1.	Modelització energètica de la micro-xarxa.	106
12.2.	Modelització econòmica.	111
13.	PRESSUPOST DEL PROJECTE	112
14.	ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA.....	114
15.	ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	116
16.	CONCLUSIONS	118
17.	CONTINUACIÓ DEL TREBALL	119
	REFERÈNCIES I BIBLIOGRAFIA.....	120
	VOLUM II – ANÀLISI ECONÒMICA.....	125
1.	INTRODUCCIÓ.....	126
2.	ESTUDI DE COSTOS.....	126
2.1.	Costos d'enginyeria.	126
2.2.	Costos de desenvolupament.	127
2.3.	Costos materials.	127
3.	COST TOTAL.....	128
	VOLUM III – PLÀNOLS	130
	ANNEX I. DETALL DIAGRAMES DE FLUX DEL TREBALL	141
	ANNEX II. DETALL ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA	144
	ANNEX III. RADIACIÓ SOLAR.....	147
	ANNEX IV. MODELITZACIÓ MICRO-XARXA.....	149
	ANNEX V. CERTIFICACIONS I FITXES TÈCNIQUES FABRICANTS PRINCIPALS ...	163

VOLUM I – MEMÒRIA



1. RAÓ I SER DEL TREBALL

1.1. Motivació del treball

Després de tota una vida dedicada a l'aprenentatge, i sobretot, després de quatre intensos anys destinats a la obtenció del valorat grau universitari d'Enginyeria Elèctrica que han implicat sortir a viure fora de casa, estar allunyat de la gent de tota la vida i aprendre a superar els constants reptes que pateix un estudiant d'enginyeria, lògicament el desig d'acabar és immens. Malauradament, la manera de gaudir dels finals és sent conscient que un ha donat el millor d'un mateix, és per això que s'ha elegit aquest tema personalment molt desafiant, que tot i requerir d'un alt nivell d'esforç i dedicació, es sap que si s'arriben a decidir uns criteris que permetin obtenir uns resultats favorables, aquests conduiran a una millora primerament al cas concret d'aplicació, segonament a tots els habitatges i edificis que vulguin reduir la seva petjada de carboni i estalviar mensualment en les seves factures elèctriques i finalment al planeta Terra, que sempre agrairà la reducció de contaminació mediambiental i el desenvolupament sostenible de la societat.

A més a més, la possibilitat de dedicar el treball a una casa de nova construcció d'un familiar, que permet aplicar-hi mesures de millora il·limitades, i sobretot, al estar conscienciat que l'obtenció d'uns resultats favorables en l'estudi implicaran la implementació d'aquests criteris a un cas real, aquest s'ha pres com un repte personal amb desig d'obtenir un treball que permeti estar-ne orgullós i acabar amb una gran satisfacció sabent que s'han utilitzat al màxim tots els recursos disponibles en la seva elaboració.

1.2. Objectius del treball

El principal objectiu d'aquest treball és la obtenció del títol del grau d'Enginyeria Elèctrica, de manera que per obtenir una qualificació favorable es tractarà de demostrar en l'elaboració del mateix els coneixements adquirits durant el grau, així com dur a terme una metodologia i hàbits de treball a l'altura d'un enginyer, que justifiqui les competències apreses al llarg de tots els anys acadèmics.

Personalment, es té l'objectiu de posar en pràctica els coneixements interioritzats i aprendre a afrontar per primera vegada un treball de gran envergadura, que requereix d'una alta dedicació constant i rigorosa, així com aprendre a gestionar el temps en una llarga etapa compaginant l'elaboració del treball amb altres tasques personals i acadèmiques.

En el treball es pretén complir amb l'objectiu d'oferir unes solucions viables als greus problemes que afecten al planeta, que són principalment l'alta emissió de gasos contaminants que comporten el preocupant canvi climàtic i l'elevat i actualment insostenible consum d'energia

(majoritàriament elèctrica). D'aquesta manera, es desitja que les solucions adoptades permetin donar respostes viables i sostenibles, actuant sobre un cas concret d'aplicació que es tracta d'una vivenda unifamiliar i que és extrapolable a altres situacions.

No es pot obviar la importància de que els criteris a adoptar siguin viables econòmicament, ja que actualment l'economia és la culpable de la majoria de decisions que es prenen, sobretot en l'àmbit industrial. És per aquest motiu que es determina com un objectiu important en aquest treball obtenir uns resultats que permetin, a més d'obtenir tots els beneficis ja presentats, un estalvi econòmic que es produirà reduint l'import de les factures elèctriques de l'habitatge i que amortitzi la inversió inicial.

1.3. Abast del treball

En aquest treball es duu a terme un estudi per determinar i implementar mesures per reduir i optimitzar el consum energètic i el respectiu cost econòmic en una vivenda unifamiliar de nova construcció connectat a la xarxa elèctrica i es compara respecte el consum d'energia que es produiria en el cas de construir-se una casa tradicional sense aquestes mesures. S'implementa, a més, un sistema de generació d'energia mitjançant panells fotovoltaics i un sistema d'emmagatzematge per poder maximitzar l'ús de l'energia solar produïda. Per fer un ús òptim d'aquests sistemes, és necessària la implantació d'un sistema de gestió d'energia. El conjunt d'aquests sistemes formen una micro-xarxa híbrida amb gestió intel·ligent de l'energia consumida, generada i intercanviada amb la xarxa de distribució, el resultat és un habitatge que s'identifica amb la modalitat d'autoconsum.

Al tractar-se d'una instal·lació a realitzar completament des de zero, es permet fer un estudi profund contemplant un gran ventall de possibilitats per obtenir la solució més adient, considerant tant l'eficiència energètica, la viabilitat tècnica i econòmica i el nivell de complexitat a l'hora de realitzar la instal·lació i de fer-ne un bon ús i manteniment. Totes les decisions es prenen a partir de metodologies lògiques i de manera justificada per assegurar-se que són les adients en cada moment.

El treball comença amb una part introductòria de contextualització en un marc general que permet extraure la metodologia i solucions d'aquest estudi a diferents casos amb necessitats similars, es defineix un procediment algorísmic que determina les passes i decisions bàsiques a seguir per realitzar un estudi similar al del projecte. En aquesta primera part es defineixen conceptes bàsics, normatives, s'estudia el marc legal i es presenten una sèrie de criteris per reduir i optimitzar el consum i l'ús d'energia elèctrica en una vivenda.

A continuació, després de desenvolupar un programa amb *Matlab* per simular les previsions de consum elèctric domèstic i seguint un mètode de treball segons la normativa ISO 50001 i mitjançant simulacions i comparacions de diferents escenaris, es presenten diferents mesures

d'optimització de l'energia consumida i generada pel sistema de generació per la vivenda d'estudi.

Finalment, es dissenyen i dimensionen tots els sistemes a implementar i després d'analitzar el funcionament d'aquests i veure la seva rendibilitat econòmica, es mostren una sèrie de conclusions de la viabilitat de la implantació dels criteris considerant si s'han complit els objectius inicials o no, sobretot els que es refereixen als aspectes tècnics, mediambientals i econòmics.

2. MARC FÍSIC: MICRO-XARXA

Aquest primer punt es fa abans de començar amb matèria per fer una breu introducció dels conceptes bàsics que són necessaris conèixer per poder desenvolupar l'estudi i entendre la seva necessitat.

El marc físic que es contempla en aquest treball és el d'una micro-xarxa implementada en un habitatge, pel que es pot considerar una micro-xarxa petita.

La definició de micro-xarxa (*microgrid* en anglès) és un conjunt de sistemes amb generació distribuïda d'energia elèctrica i càrregues elèctriques, aquest conjunt ha de permetre un control del flux de potència i disposar de sistemes d'emmagatzematge d'energia pels moments en què la seva generació no coincideix amb la seva demanda energètica. Això implica que el sistema pot arribar a treballar de manera aïllada de la xarxa de distribució i arribar a ser autosuficient si la seva producció és suficientment gran. Les micro-xarxes prenen una gran importància de cara al futur ja que generalment les seves fonts d'energia són d'origen renovable i permeten fer un ús de l'energia produïda molt més eficient que amb els mètodes de distribució tradicionals. A més a més, cada vegada s'està fent més ús de l'energia elèctrica a canvi d'altres energies menys eficients en tots els àmbits, pel que cada vegada es requereix de més potència elèctrica i més producció i per tant és més important una correcta gestió de l'electricitat. [1]

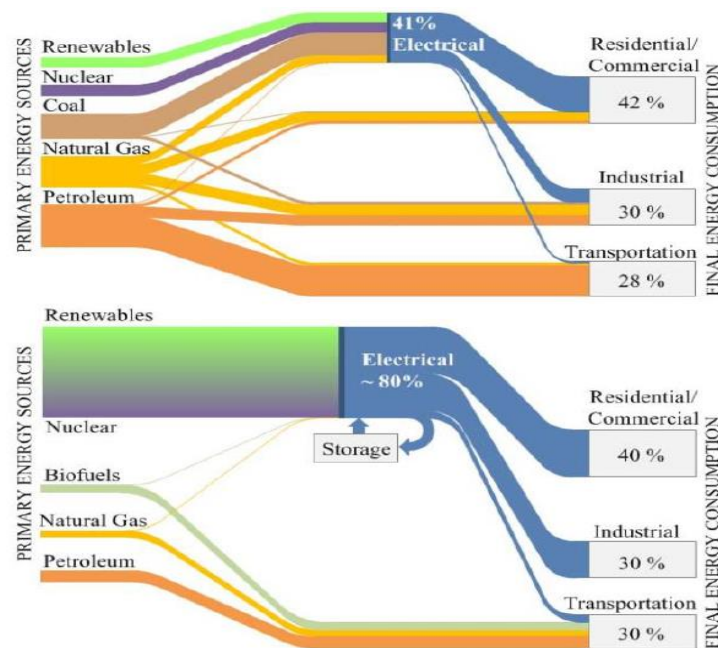


Figura 2-1 Ús d'energies present (dalt) i futur (baix)[2]

Una micro-xarxa intel·ligent (*smart microgrid*) és aquella micro-xarxa que conté sistemes computacionals que permeten que el sistema es comporti de diferent manera segons el seu estat instantani (nivells d'energia emmagatzemada, energia que es produeix i consumeix) amb l'objectiu de maximitzar l'eficiència del sistema a partir de subsistemes de gestió i mesura

d'energia elèctrica. Per considerar-se una micro-xarxa intel·ligent, el sistema ha de ser capaç de complir amb els següents requisits:

- Controlar els punts de càrrega i generar una reserva energètica.
- Minimitzar costos de capital, infraestructura, manteniment i generació.
- Reduir pèrdues en les línies de transmissió energètica.
- Ser estable, controlant perfils de generació i consum.
- Els seus subsistemes d'emmagatzematge i generació distribuïda participen en la gestió del sistema i es realitza una supervisió efectiva del sistema.

Finalment es defineix el concepte de micro-xarxa híbrida, es refereix a una micro-xarxa que està connectada a la xarxa de distribució d'energia elèctrica i que permet l'intercanvi d'energia amb la mateixa, tant amb intercanvis d'energia unidireccionals com bidireccionals.

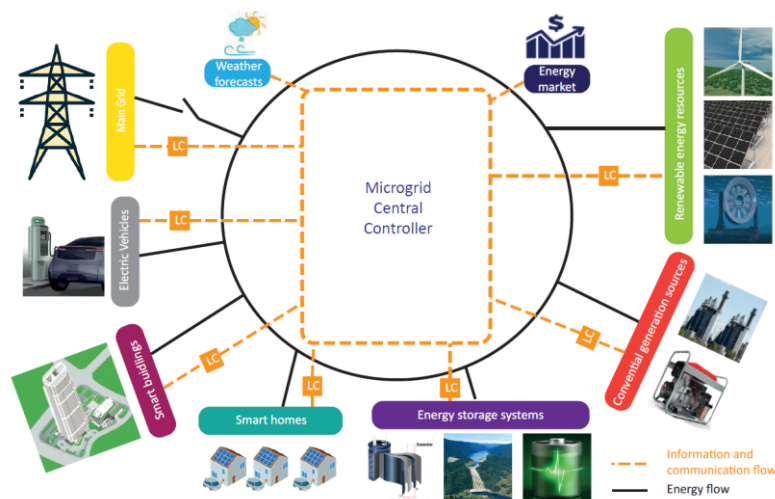


Figura 2-2 Representació esquemàtica de micro-xarxa híbrida amb gestió intel·ligent[3]

2.1. Arquitectura d'una micro-xarxa

El disseny d'una micro-xarxa comença per determinar la seva arquitectura. Aquesta arquitectura es refereix a la manera en què es distribueixen i connecten entre sí tots els elements que actuen en el sistema, ja que segons el tipus de les fonts de generació, les diferents càrregues i la seva naturalesa (consum en DC o AC), si la micro-xarxa està connectada a la xarxa de distribució o no i els possibles fluxos de potència entre tots els elements de la micro-xarxa, el disseny de la micro-xarxa serà diferent.[4]

La connexió entre tots els elements d'una micro-xarxa es realitza a partir de busos d'energia connectats mitjançant sistemes de conversió i gestió d'energia que permeten modificar i adaptar les característiques de l'electricitat en els diferents punts de la micro-xarxa segons la naturalesa de cada element.

Les diferents arquitectures de disseny més habituals d'una micro-xarxa es detallen a continuació:

a) Arquitectura amb bus de Corrent Continu

Tots els camins de potència que alimenten les càrregues passen pel mateix bus de corrent continu i un convertidor de potència que converteix el corrent DC en AC per alimentar les càrregues domèstiques. Les avantatges que presenta és que el sistema resultant és simple i fàcil d'operar. Les desavantatges són que la gran majoria de càrregues domèstiques i la xarxa de distribució són de corrent altern i es produeixen moltes pèrdues pel rendiment dels elements de conversió.

b) Arquitectura amb bus de Corrent Altern

Tots els fluxos de potència que alimenten les càrregues passen per un bus de corrent altern. Aquesta configuració mostra un millor comportament que el bus de continua ja que cada convertidor pot injectar i gestionar la càrrega independentment dels altres elements, també permet obtenir una millor eficiència global ja que hi ha menys convertidors de potència i són de menor capacitat. A canvi, és un sistema més complex per treballar-hi per la major complexitat que té el corrent altern, sobretot en moments en què han de treballar diferents fonts de corrent altern en paral·lel i cal sincronitzar ambdós voltatges.

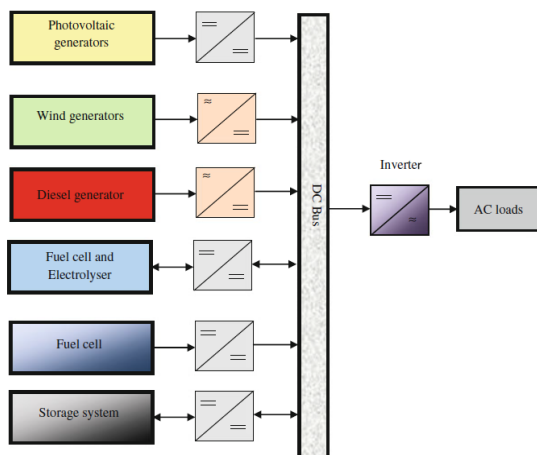


Figura 2-3 Exemple micro-xarxa amb bus DC [5]

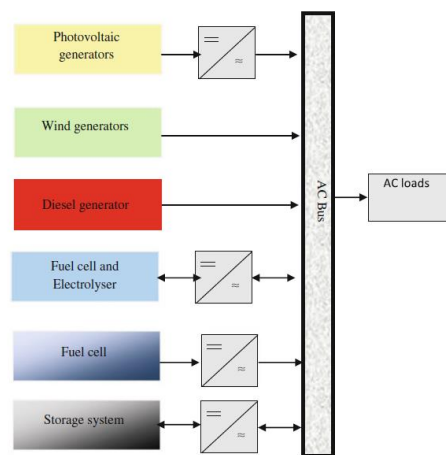


Figura 2-4 Exemple micro-xarxa amb bus AC [5]

c) Arquitectura amb busos de Corrent Continu i Altern

Aquesta és l'arquitectura més complexa que es pot fer, disposa de dos busos, un en corrent altern i l'altre en corrent continu. Permet alimentar càrregues de corrent altern i continu. És la distribució que presenta un millor comportament ja que permet separar els diferents elements segons treballin amb corrent continu o altern i per tant obtenir el millor rendiment global. Tot i això, aquest sistema requereix d'una gran complexitat tècnica perquè funcioni adequadament.

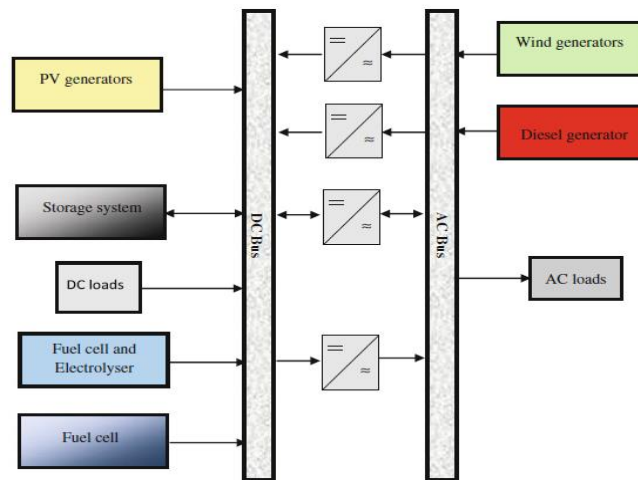


Figura 2-5 Exemple micro-xarxa amb busos DC i AC [5]

En l'arquitectura de la micro-xarxa també s'inclou el tipus de control de la mateixa. El control pot ser centralitzat o descentralitzat, sent el control centralitzat el que fa referència a una única estructura que controla totes les estacions que l'envolten i el control descentralitzat contempla un sistema central per fer la supervisió del sistema on ja hi ha controladors locals cada cert grup d'estacions (micro-xarxes), això és molt representatiu en sistemes de gran tamany que requereixen de moltes unitats de control, per habitatges o micro-xarxes de petit tamany habitualment el control serà centralitzat i passarà tot per un únic controlador central.

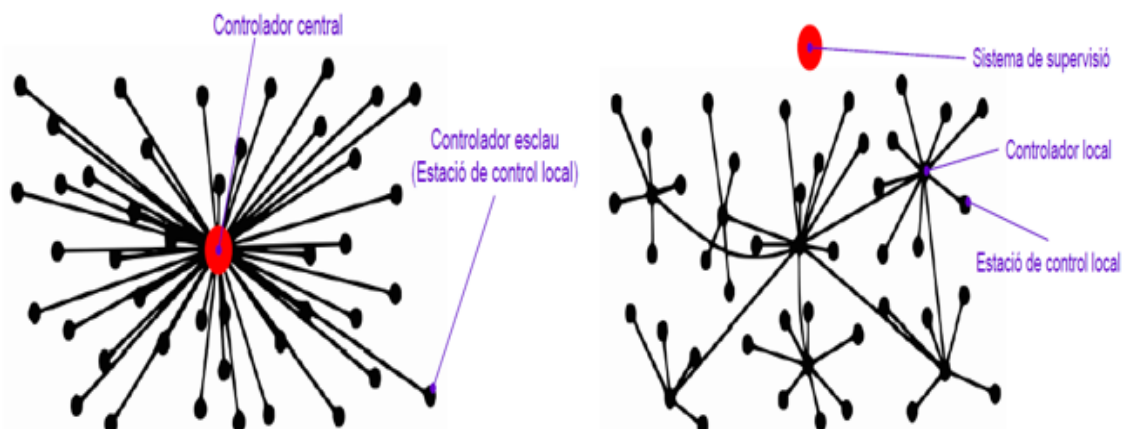


Figura 2-6 Arquitectura de control centralitzat (esquerra) i descentralitzat (dreta) [6]

2.2. Fluxos de potència

El terme flux de potència es coneix com la transmissió de potència entre subsistemes de la micro-xarxa o bé amb la xarxa de distribució. El flux de potència dintre d'una micro-xarxa es calcula a partir de la mesura de paràmetres del sistema com són el voltatge i corrent en diferents punts. Cada element del sistema pot tenir diferents possibilitats de fluxos de potència dintre de la micro-xarxa, es resumeixen a continuació. [6]

Taula 2.1 Fluxos de potència possibles de cada element amb la micro-xarxa

Sistema	Possible flux potència amb micro-xarxa
Xarxa distribució	Generar, absorbir potència o desconnectat/desenergitzat
Consums domèstics	Absorbir potència o desconnectat/desenergitzat
Sistema fotovoltaic	Injectar potència o desconnectat/desenergitzat
Sistema emmagatzematge	Injectar, absorbir potència o desconnectat/desenergitzat

La representació lògica de tots els possibles valors del flux de potència es donen suposant les següents premisses:

- 1 = L'element absorbeix energia.
- 0 = L'element està desconnectat o bé desenergitzat.
- -1 = L'element genera energia.

A continuació es mostren en una taula tots els possibles fluxos de potència que es poden donar en una micro-xarxa amb els elements descrits i es senyalen els que són possibles físicament perquè hi ha almenys dos elements que intercanvien energia elèctrica amb almenys una font generadora i almenys un element consumidor.

Taula 2.2 Fluxos de potència micro-xarxa

Xarxa	Bateria	Càrrega	FV	És possible?
1	1	1	-1	Sí
1	1	1	0	No
1	1	0	-1	Si
1	1	0	0	No
1	0	1	-1	Si
1	0	1	0	No
1	0	0	-1	Si
1	0	0	0	No
1	-1	1	-1	Si
1	-1	1	0	Si
1	-1	0	-1	Si
1	-1	0	0	Si
0	1	1	-1	Si
0	1	1	0	No
0	1	0	-1	Si
0	1	0	0	No
0	0	1	-1	Si
0	0	1	0	No
0	0	0	-1	No
0	0	0	0	No
0	-1	1	-1	Si
0	-1	1	0	Si

Taula 2.2 (Cont.) Fluxos de potència micro-xarxa

Xarxa	Bateria	Càrrega	FV	És possible?
0	-1	0	-1	No
0	-1	0	0	No
-1	1	1	-1	Si
-1	1	1	0	Si
-1	1	0	-1	Si
-1	1	0	0	Si
-1	0	1	-1	Si
-1	0	1	0	Si
-1	0	0	-1	No
-1	0	0	0	No
-1	-1	1	-1	Si
-1	-1	1	0	Si
-1	-1	0	-1	No
-1	-1	0	0	No

S'observa que es tenen 21 possibles fluxos de potència que són possibles físicament en una micro-xarxa amb els elements descrits. Els dispositius encarregats de controlar i regular els fluxos de potència són els convertidors estàtics que transformen les components de l'energia elèctrica d'un element a un altre a partir d'interruptors controlats i elements de l'electrònica de potència com són els condensadors i les inductàncies.

Tots els possibles fluxos de potència que es poden donar en una micro-xarxa es resumeixen en la següent figura.

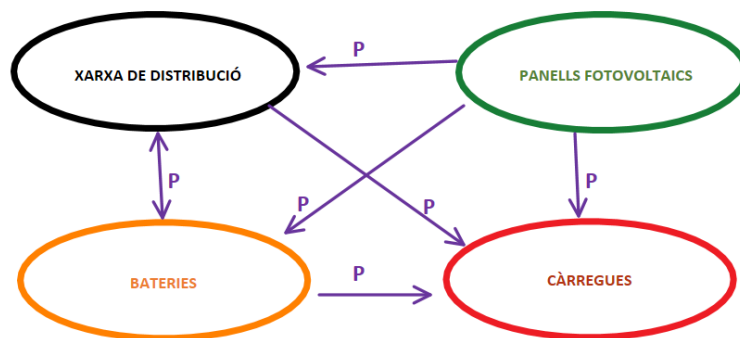


Figura 2-7 Representació de tots els fluxos de potència físicament possibles en la micro-xarxa. Font pròpia

2.3. Gestió d'una micro-xarxa

Per aconseguir la gestió intel·ligent i eficient d'energia de la micro-xarxa cal un *MGMS* (sigles en anglès de Sistema de Gestió de la Micro-Xarxa). El *MGMS* està estructurat en diferents nivells segons el seu camp d'actuació, aquests són el nivell operatiu o primari on es controlen els fluxos de potència, el nivell tàctic on es controlen les diferents tàctiques energètiques d'optimització i

previsions, finalment, el nivell estratègic on es determinen les estratègies per elegir les tàctiques energètiques amb la possibilitat de comunicació i interconnexió amb altres micro-xarxes, així com permetre una visualització global del sistema. [7]

En petites micro-xarxes (fins a 1 MW aproximadament), es pot considerar el *MGMS* el mateix que el Sistema de Gestió de l'Energia, en anglès *Energy Management System* i que correspon a les sigles *EMS*. L'*EMS* és l'encarregat de crear una interacció entre tots els elements físics del sistema per aconseguir gestionar tots els aspectes energètics de la micro-xarxa. El disseny, l'arquitectura i programació del sistema de gestió de l'energia serà particular per a cada cas segons les necessitats i elements de cada micro-xarxa.

Un *EMS* ha de satisfer els següents quatre aspectes essencials:

- Garantir el funcionament econòmic òptim i fiable d'un sistema energètic.
- Fixar el comportament dels controladors primaris localitzats a nivell de dispositiu.
- Controlar els fluxos de potència del sistema.
- Coordinar connexions i desconexions de les fonts de generació, sistemes d'emmagatzematge i les prioritats a les càrregues.

El sistema de gestió d'energia ha d'estar format per un conjunt d'elements de hardware (generalment els mateixos convertidors estàtics de la micro-xarxa) i software (part de control implementada generalment en els convertidors estàtics que ho permeten).

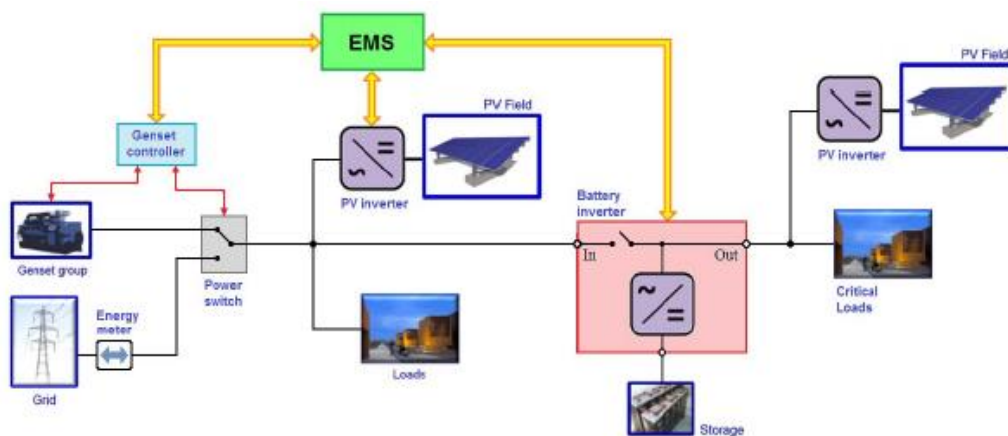


Figura 2-8 Exemple d'implementació i visualització de blocs del EMS en una determinada arquitectura de xarxa [8]

3. MARC LÒGIC

3.1. Necessitat de l'estudi.

Aquest punt del projecte justifica els motius pels que es considera important realitzar aquest estudi sobre la millora d'eficiència energètica en un habitatge o qualsevol tipus de construcció que contempli l'ús d'energia elèctrica.

En primer lloc, cal fer menció a la necessitat que hi ha actualment en crear una conscienciació ecològica a la població, així com de recórrer a l'ús de les energies renovables per a combatre amb els greus problemes que hi ha al planeta per culpa de l'elevada generació de gasos contaminants durant els darrers anys, produïts principalment per la crema de combustibles fòssils per generar energia. Aquests gasos són els culpables de l'efecte hivernacle que ens porta al preocupant canvi climàtic que ens amenaça. A més, s'ha de considerar la limitació dels combustibles fòssils, el que assegura que en un futur no molt llunyà es poden esgotar. Aquests motius ens porten a contemplar les energies renovables com un recurs sostenible pel futur.

L'energia renovable més important del planeta és l'energia solar, que la rebem en forma de llum i calor generada pel sol i que és la responsable, principalment, de l'existència de la vida. L'energia solar, a més, és una font d'energia inesgotable que permet, gràcies als avenços tecnològics, transformar-se fàcilment en energia elèctrica o tèrmica.

El motiu ecològic pel que resulta atractiva la idea de que la pròpia vivenda generi energia elèctrica a partir d'una instal·lació fotovoltaica pel seu propi consum (concepte d'autoconsum que s'estudiarà en profunditat més endavant) és perquè d'aquesta manera es maximitza la eficiència energètica de l'habitatge, que es defineix segons la relació d'energia consumida per energia generada, ja que s'eliminen les pèrdues energètiques que es produeixen en els processos de transmissió i distribució de l'energia elèctrica, entre altres.

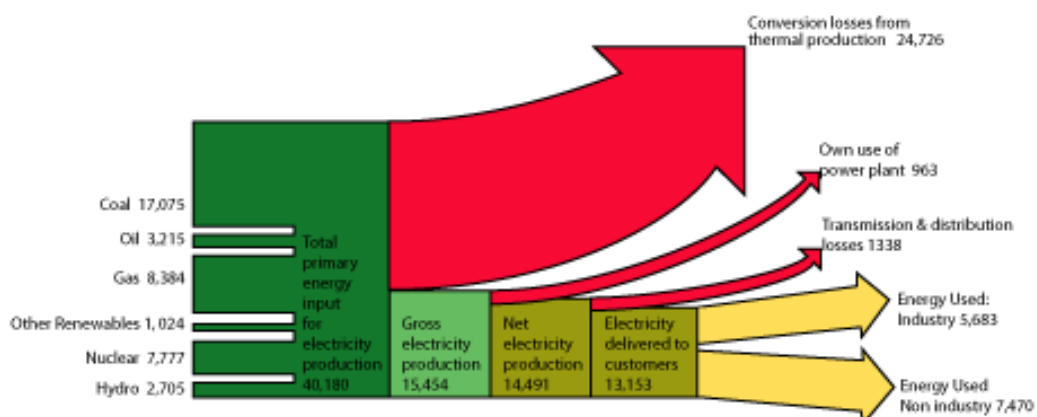


Figura 3-1 Representació de les pèrdues d'energia en la seva generació i transmissió en casos de generació centralitzada [9]

La generació d'energia distribuïda es presenta com una proposta molt ferma en les micro-xarxes i alternativa a la tradicional i utilitzada fins el moment generació centralitzada. La diferència en poques pinzellades entre ambdues és que mentre que la centralitzada consisteix en unes poques centrals que generen una gran quantitat d'energia que cal transportar a les càrregues llunyanes, la generació d'energia distribuïda es manté en el fet en què l'energia es genera en moltes centrals de tamany molt més reduït i a llocs molt propers a les càrregues, permetent un control i aprofitament més efectiu de l'energia elèctrica i els fluxos de potència.

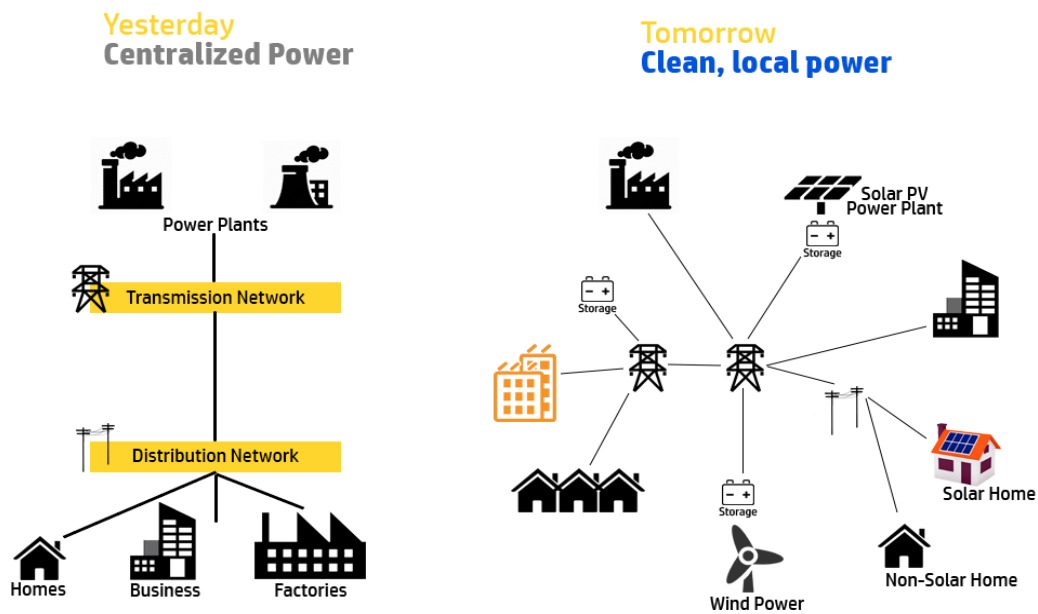


Figura 3-2 Generació centralitzada (esquerra) contra distribuïda (dreta) [10]

L'altre motiu que fa atractiu el concepte de l'autoconsum és l'econòmic, ja que a partir d'una inversió de capital inicial s'obté un important estalvi en la factura elèctrica durant tots els anys de vida útil de la instal·lació, que es solen considerar uns 20 anys. El balanç econòmic al cap d'aquests anys tenint en compte la inversió inicial contra l'estalvi mensual, acostuma a decantar-se a favor de la instal·lació d'autoconsum.

Una avantatge més que s'ha de tenir en compte en instal·lacions d'aquest tipus és que gràcies a la generació pròpia d'energia elèctrica i estar connectat a la xarxa, en condicions normals es tenen dues fonts d'energia elèctrica, pel que en cas de falla de qualsevol font d'energia l'habitatge seguirà disposant d'electricitat, si no bé per satisfer tota la demanda, almenys per satisfer les càrregues prioritàries. Les principals desavantatges que presenta és la major complexitat tècnica del sistema i la major inversió inicial.

3.2. Marc conceptual. ISO-EN 50001

Com a marc conceptual del projecte es parteix de la normativa ISO-EN 50001 del 2011 [11]. Una normativa internacional que cal aplicar a tots els sistemes de gestió d'energia (EMS) i que indica els requisits pel seu ús eficient.

Aquesta norma té el propòsit d'especificar els requisits per establir, implementar, mantenir i millorar un sistema de gestió de l'energia, guiant a les organitzacions a establir els sistemes i processos necessaris per millorar el seu comportament energètic, incloent l'eficiència energètica i el consum i ús d'energia elèctrica. L'objectiu final de la normativa és el de reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle i altres impactes ambientals relacionats.

El seu sistema d'actuació es basa en un cicle de millora continua definit pels conceptes Planificar, Fer, Verificar i Actuar (en anglès Plan, Do, Check i Act).

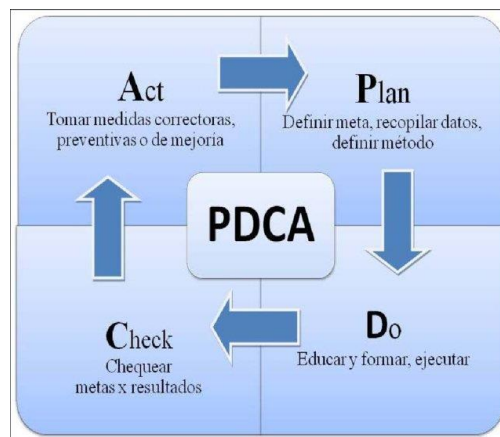


Figura 3-3 Cicle millora continua PDCA [12]

Per aquest cas, la definició d'aquests conceptes és la següent:

-Planificar: Dur a terme la revisió energètica i establir la línia base, els objectius i els plans d'acció necessaris per assolir els resultats que milloraran el comportament energètic.

-Fer: Implementació dels plans d'acció de gestió de l'energia.

-Verificar: Realitzar el seguiment i mesura dels processos i de les característiques de les operacions que determinen el comportament energètic en relació a les polítiques i objectius energètics i informar sobre els resultats.

-Actuar: Prendre accions per millorar de forma continua el comportament energètic del sistema de gestió energètica.

El model en diagrama de flux del sistema de gestió d'energia que estableix el seu comportament es mostra a continuació:

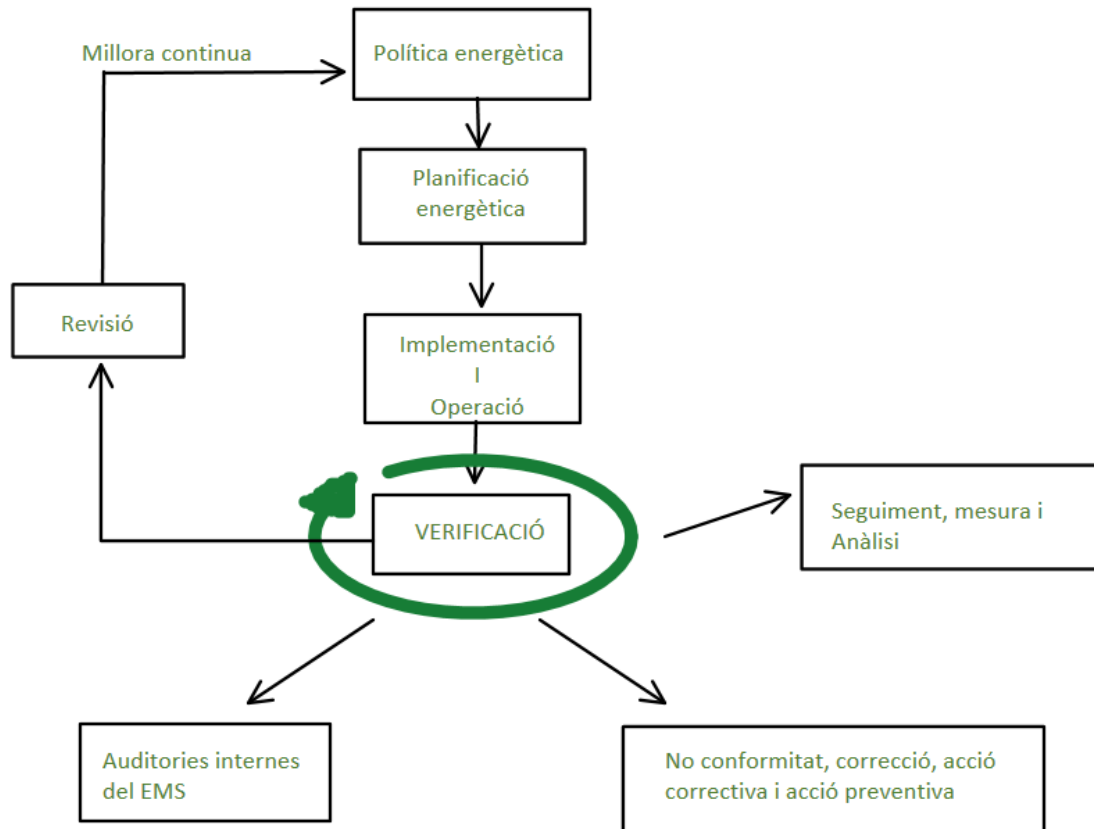


Figura 3-4 Diagrama de flux per dissenyar un EMS [11]

En aquest diagrama es mostren les passes a seguir quan es vol aplicar un sistema de gestió d'energia eficient. Els diferents procediments que apareixen fan referència als quatre conceptes essencials que s'han presentat anteriorment. A continuació es defineixen aquests procediments:

- **Política energètica:** És la manera en què una entitat (en aquesta normativa es considera una organització) decideix actuar en l'àmbit del comportament energètic, incloent la producció, distribució i consum d'energia. Segons la norma de l'estudi, la política establerta per la organització s'ha de comprometre a assolir una millora energètica. Cal definir una política energètica apropiada per cada diferent sistema i assegurar-se que inclogui un compromís de millora del comportament energètic per assolir els objectius del sistema, que compleixi els requisits legals aplicables, proporcioni un marc de referència per establir i revisar els objectius energètics, suporti l'adquisició de productes i serveis energèticament eficients i es documenti i es comuniqui a tots els nivells de la organització on s'aplica. A més, s'haurà de revisar regularment i actualitzar-se si cal.
- **Planificació energètica:** La planificació energètica ha de ser coherent amb la política energètica i ha de conduir a activitats per millorar contínuament el comportament energètic de la organització. A més, ha d'incloure una revisió a les activitats de la organització que poden afectar el comportament energètic i un estudi a l'ús i consum d'energia de la organització, a partir d'aquesta revisió i estudi es determinaran uns indicadors de comportament energètic. També han de considerar-se i complir els

requisits legals que imposa la legislació pel sistema de gestió d'energia. La planificació energètica es determina a partir de l'anàlisi d'ús i consum d'energia de la organització. El següent diagrama conceptual mostra el procés que requereix la planificació energètica d'un sistema de gestió d'energia.

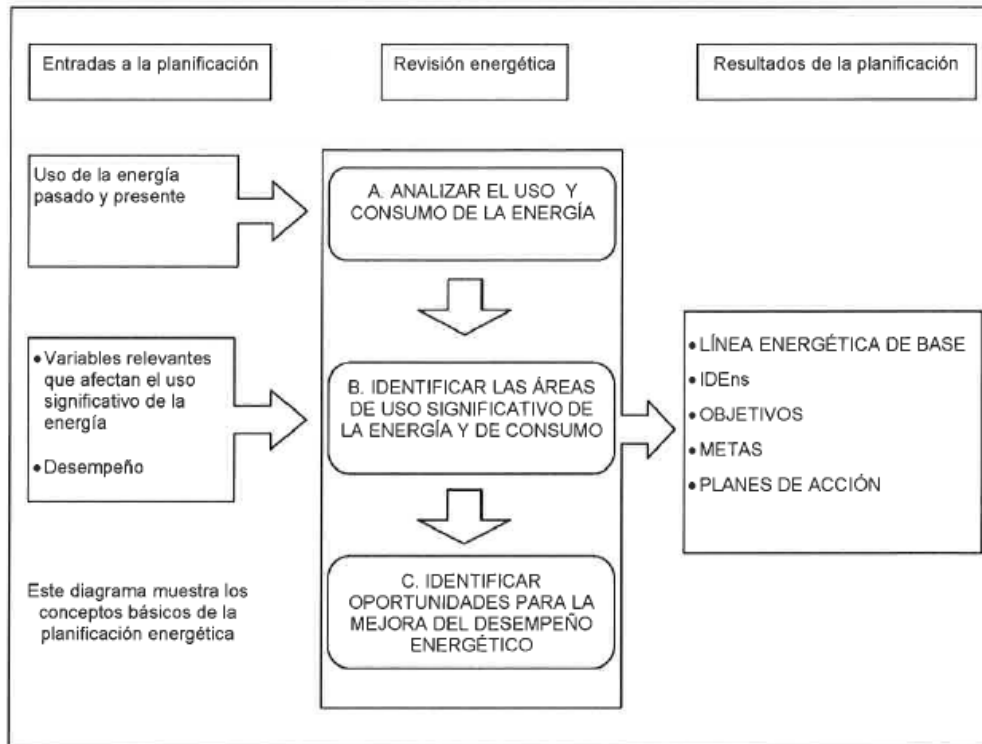


Figura 3-5 Procés de planificació energètica[11]

S'observa com a partir de la planificació energètica s'obtenen principalment la línia energètica de base, indicadors de comportament energètic, objectius, metes i plans d'acció.

- **Implementació i Operació:** Aquest és el bloc executor del model, es pot implementar a partir dels plans d'acció del sistema. Els plans d'acció es determinen a partir de la línia de base energètica que es crea a partir de la informació de la revisió del comportament energètic de la organització, les mesures de consums i els seus objectius energètics que hagi establert la organització. La línia de base es manté i registra com un mitjà perquè la organització determini el període de manteniment dels registres. Els plans d'acció han d'incloure la designació de responsabilitats per a cada tasca, els mitjans i terminis per assolir els objectius i declaracions dels mètodes per verificar la millora del comportament energètic. A més, tant els plans d'acció com la línia de base energètica han d'actualitzar-se contínuament així com canviïn les condicions del sistema. Finalment, la organització a l'hora de realitzar la implementació i operació ha d'assegurar-se que tot el personal sigui conscient i estigui capacitat per conèixer la importància de la conformitat amb la política energètica, els procediments i requisits del sistema de gestió d'energia, així com ser conscient de les seves funcions i

responsabilitats, dels beneficis de la millora del comportament energètic i de l'impacte respecte al consum i ús d'energia de les seves activitats.

- **Verificació:** La verificació del model implementat es realitza a partir del seguiment, mesura i anàlisi de totes les activitats i consums i usos d'energia. A més de l'avaluació del compliment dels requisits legals, es realitzaran auditories energètiques al sistema en intervals planificats per assegurar-se que es compleixen les disposicions planificades i els objectius establerts. També cal que la organització presenti una actitud de no conformar-se amb el seu comportament energètic, cercant la correcció i accions preventives per millorar la seva gestió de l'energia.
- **Revisió:** L'alta direcció de la organització ha de revisar, a intervals planificats, el sistema de gestió d'energia per assegurar-se de la seva conveniència, adequació i eficàcia continua. Una vegada és revisat per l'alta direcció, s'ha de tornar a començar el cicle d'optimització si es creu que es pot millorar l'eficiència energètica de la organització.

La definició de comportament energètic que s'ha estat parlant fins ara és el conjunt dels conceptes d'ús de l'energia, consum d'energia, intensitat energètica i eficiència energètica.

Segons la normativa ISO 50001, quan s'implementa un sistema de gestió d'energia, cal documentar l'abast i límits del mateix, les polítiques energètiques a seguir, els objectius energètics i plans d'acció.

4. MARC LEGISLATIU

4.1. Introducció al marc regulador d'Espanya.

Per poder dur endavant el projecte, cal assegurar-se que les mesures d'optimització energètica que es volen implementar en l'habitatge de l'estudi són legals i estan regulades per la legislació vigent de l'estat espanyol, pel que cal identificar i analitzar les lleis que afecten a l'activitat proposada pel projecte, on la més restrictiva és la generació d'energia elèctrica a partir d'un sistema de generació d'energia fotovoltaica.

Cal fer especial èmfasi a que les lleis que afecten a aquest projecte estan actualment en un procés de reforma i modificacions, pel que s'ha d'estudiar les modificacions que aquestes han tingut en els darrers anys.

Les lleis més restrictives i que afecten directament són les del sector elèctric espanyol, la Llei 24/2013 del 26 de desembre[13], que s'ha vist actualitzada recentment amb el Reial Decret-Llei 15/2018 de 6 d'octubre[14] que imposa mesures d'urgència per la transició energètica i la protecció dels consumidors i el Reial Decret 244/2019 de 6 d'abril[15], que aquest regula les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica i soluciona buits legals i qüestions que no s'havien contemplat en el RD-Llei 15/2018. A més, és d'importància el Reial Decret 900/2015 de 9 d'octubre[16], que fins ara era l'encarregat de regular els aspectes administratius, tècnics i econòmics de les instal·lacions d'autoconsum i s'ha vist modificat amb els RD-Llei 15/2018 i RD 244/2019.

A continuació es fa un breu resum d'aquestes lleis reguladores d'obligat compliment contemplant únicament les restriccions vigents a partir de les darreres modificacions i les qüestions que més afecten a l'activitat del projecte d'estudi..

Es comença analitzant els articles bàsics de la **Llei 24/2013**:

- En l'article 1 es vol garantir el subministrament d'energia elèctrica adequada als consumidors. Així mateix, es reconeix l'activitat de generació d'energia elèctrica.
- L'article 2 afirma que la generació d'energia elèctrica és una activitat liberalitzada i lliure de competència.
- L'article 6 reconeix els diferents subjectes del sistema elèctric. Destacant el subjecte productor (qui genera l'energia elèctrica) i el subjecte consumidor (qui consumeix l'energia elèctrica). També reconeix que tot subjecte productor i consumidor té els seus drets i deures.
- En l'article 9 es reconeix el concepte de l'autoconsum. La seva definició ha estat modificada pel RD-Llei 15/2018 en l'article 18 i es contempla en el RD 244/2019. D'aquesta manera, la definició d'autoconsum és: *"el consum per part d'un o varis*

consumidors d'energia elèctrica provinent d'instal·lacions de producció pròximes a les de consum i associades als mateixos”.

Seguidament, es resumeix el **RD 244/2019 de 6 d'abril**.

- En l'article 4 es classifiquen les modalitats d'autoconsum següents:

a) Modalitat de subministrament amb autoconsum sense excedents:

La instal·lació de producció d'energia elèctrica impedeix injectar energia excedentària a la xarxa de transport o distribució. S'exigeix que la instal·lació disposi d'un mecanisme per evitar l'abocament d'energia elèctrica a la xarxa de transport i distribució, aquest mecanisme es detalla a l'annex afegit a la ITC-BT-40[17]. En aquesta modalitat només apareix el subjecte consumidor.

b) Modalitat de subministrament amb autoconsum amb excedents:

La instal·lació de producció permet, a més de subministrar energia per l'autoconsum, injectar energia excedentària a la xarxa. En aquest cas apareixen el subjecte productor i consumidor.

Aquesta modalitat es divideix en:

1. Modalitat amb excedents acollida a compensació:

Modalitat en què l'energia excedent injectada a la xarxa serà compensada si es compleixen uns requisits donats.

2. Modalitat amb excedents no acollida a compensació:

Instal·lacions d'autoconsum que no compleixen els requisits donats o bé voluntàriament es desitgi aquesta modalitat.

Adicionalment a les modalitats d'autoconsum assenyalades, l'autoconsum pot classificar-se en individual o col·lectiu en funció de si es tracta d'un o varis consumidors associats a les instal·lacions de generació.

- En l'article 5 es mostren els requisits per acollir-se a les modalitats d'autoconsum, a més de determinar en el punt 7 que es poden instal·lar elements d'emmagatzematge en les instal·lacions d'autoconsum.
- En l'article 7 es determinen les condicions d'accés i connexió a la xarxa en les modalitats d'autoconsum. S'observen els següents casos principals:
 - a) Els consumidors han de disposar de permisos d'accés i connexió per les seves instal·lacions de consum d'energia elèctrica.
 - b) Per les instal·lacions de generació es contempen els següents casos:
 - 1. Instal·lacions d'autoconsum sense excedents estan exemptes a obtenir permisos d'accés i connexió.
 - 2. Instal·lacions d'autoconsum amb excedents però potència de generació igual o inferior a 15 kW i en sòl urbanitzat estan exemptes a obtenir permisos d'accés i connexió.
 - 3. Instal·lacions d'autoconsum amb excedents que no compleixen amb les condicions del punt anterior, han de disposar de permisos d'accés i connexió a la xarxa.

- En l'article 8 i 9 es contemplen els possibles contractes d'accés i de subministrament d'energia a les modalitats d'autoconsum.
- En l'article 10 es contemplen els equips de mesura requerits en les modalitats d'autoconsum, els que afecten a les instal·lacions de modalitat d'autoconsum individual com la de l'habitatge d'estudi són:
 1. Un equip de mesura bidireccional en el punt més pròxim a la frontera entre instal·lació pròpia i xarxa de distribució o bé un equip en cada punt de frontera.

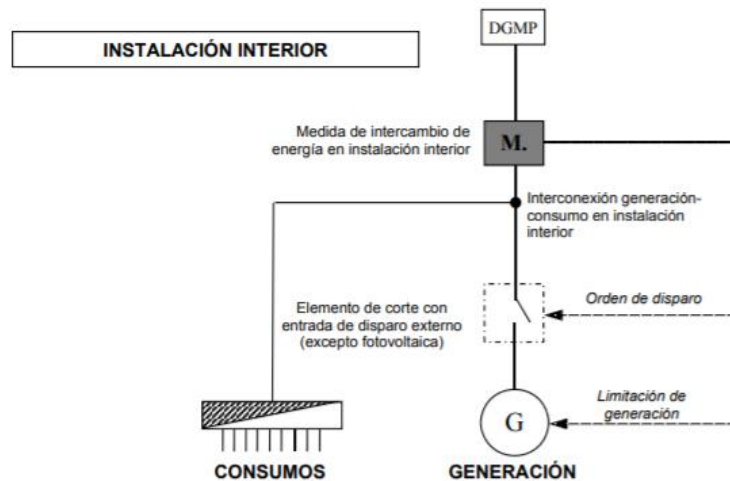


Figura 4-1 Exemple d'esquema de connexió instal·lació d'autoconsum amb la xarxa[15]

- En l'article 11 es determinen els requisits mínims dels equips de mesura, destaca que la mesura d'energia en la frontera ha de ser amb una resolució com a mínim horària.
- L'article 14 detalla el mecanisme de compensació simplificada per les modalitats d'autoconsum individuals o col·lectives amb excedents. Aquest mecanisme determina, a partir d'un contracte de compensació d'excedents, que s'estableixi una compensació entre els dèficits d'energia elèctrica pel consum i la totalitat d'excedents de la instal·lació de generació.

La compensació simplificada es basa en un saldo en termes econòmics de l'energia consumida de la xarxa en el període de facturació i de l'energia excedentària injectada a la xarxa en el mateix període.

El preu de l'energia consumida i l'excedent venuda és diferent i en cap cas el preu de venda podrà ser superior al de compra.

En l'article 18 del **RD-Llei 15/2018** apareixen punts d'importància, que a més estan reconeguts en el posterior **RD 244/2019**, entre aquestes imposicions destaquen:

- Les instal·lacions de potència de generació inferior als 100 kW estan exemptes a la inscripció al registre administratiu d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica, pel que la única documentació necessària per connectar-se a la xarxa és la llicència d'obres i el butlletí de l'instal·lador autoritzat.
- L'energia autoconsumida d'origen renovable queda exempta a càrrecs i peatges.

4.2. Modalitat a la que s'acollirà l'habitatge d'estudi.

Després d'haver analitzat el marc regulador de l'estat espanyol, s'arriba a la conclusió que la vivenda d'estudi pot acollir-se a les modalitat d'autoconsum individual amb excedents o sense excedents.

Com que la instal·lació de generació d'energia fotovoltaica de l'habitatge únicament està pensada per reduir el consum energètic, i per tant l'energia excedent serà mínima i en moments molt puntuals. A més, l'energia abocada a la xarxa es paga a un preu notablement inferior a la comprada (aproximadament una tercera part) es decideix acollir-se a la modalitat d'autoconsum sense excedents. D'aquesta manera, a més, es simplifiquen significativament les gestions administratives per dur a terme el correcte funcionament de la micro-xarxa de l'immoble.



Figura 4-2 Representació bàsica instal·lació d'autoconsum sense excedents[18]

5. INTRODUCCIÓ A L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

5.1. Generació d'energia solar fotovoltaica.

L'energia solar és gratuïta i abundant. Tota l'energia procedent del Sol en forma d'ones electromagnètiques que arriba a la Terra durant mitja hora podria satisfer tota la demanda energètica del planeta durant tot l'any. A més a més, l'energia solar és una font d'energia renovable, inesgotable i que no produeix gasos d'efecte hivernacle.[5]

La generació d'energia fotovoltaica basa el seu funcionament en un procés conegut com l'efecte fotoelèctric. L'efecte fotoelèctric consisteix en que quan un determinat material queda il·luminat amb radiació electromagnètica (per aquest cas, llum solar), aquest emet electrons excitats que produeixen electricitat en corrent continu.[7]

La radiació electromagnètica procedent del Sol que arriba a la Terra es quantifica amb dos conceptes bàsics:[19]

- **Irradiància solar:** Flux de radiació solar instantània que incideix en una superfície, es mesura en kW/m^2 . La irradiància solar màxima que incideix sobre la superfície de la terra és d'aproximadament 1 kW/m^2 .
- **Radiació solar:** La radiació solar mesura l'energia solar rebuda en una determinada superfície durant un temps determinat. Generalment es mesura en kWh/m^2 .

Per dur a terme una instal·lació de generació fotovoltaica cal analitzar la radiació solar de la ubicació de la mateixa per veure si es disposa de suficient energia solar, aquest anàlisi es realitza a partir d'aquests dos conceptes introduïts. Aquest anàlisi es pot fer a partir de bases de dades de radiació solar, o bé a partir del software *PVSyst* o de la plataforma gratuïta *PVGIS*[20] de la unió europea, que a més, permeten obtenir una previsió de l'energia generada pels panells fotovoltaics a partir de la seva modelització. A més, és important estudiar la geometria solar, aquesta permet conèixer la posició del sol a totes les hores de tots els dies de l'any per poder veure les ombres que generaran tots els objectes pròxims als panells així com veure les ombres que faran els mateixos panells fotovoltaics.

La tecnologia més comunament emprada per produir energia fotovoltaica són els panells fotovoltaics. Els panells fotovoltaics són dispositius formats a partir d'un conjunt de cèl·lules solars connectades entre elles que són capaces de produir corrent continu a partir de l'efecte fotoelèctric. El que permet l'efecte fotoelèctric de les cèl·lules solars és el material en què estan construïdes, habitualment silici dopat per les seves propietats de semi-conductor elèctric.

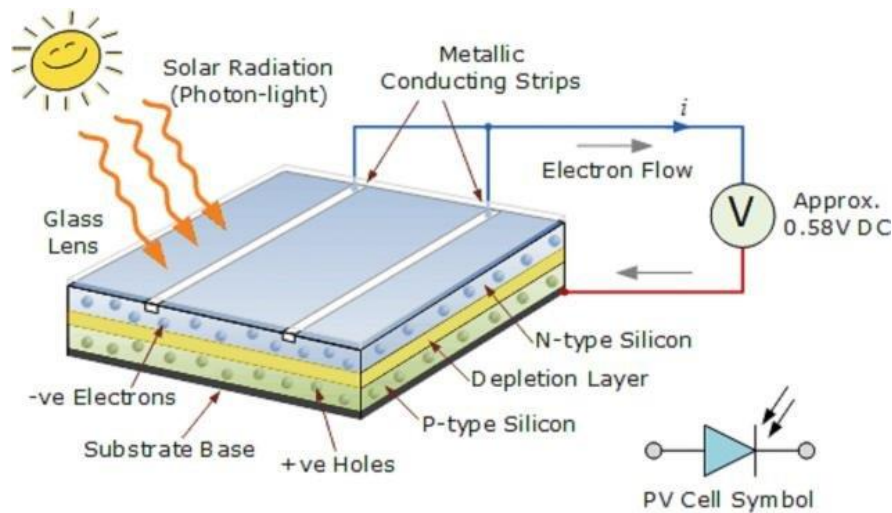


Figura 5-1 Diagrama bàsic d'una cèl·lula solar i el seu funcionament[21]

La tecnologia de construcció de panells fotovoltaics està en intens desenvolupament, és per això que en els darrers anys ja es comercialitzen panells fotovoltaics que aporten unes bones eficiències per preus assequibles. Les actuals tecnologies més destacades en el mercat domèstic són les següents:

- **Cèl·lules de silici monocristal·lí:** El material per aplicacions domèstiques que presenta una major eficiència, pot arribar a una eficiència del 20%, pel que amb uns panells de poc tamany es pot aconseguir una considerable producció d'energia elèctrica. A canvi, és la tecnologia utilitzada a nivell domèstic amb el preu més elevat.
- **Cèl·lules de silici policristal·lí:** El material per aplicacions domèstiques més comú. Presenta una bona relació entre eficiència (aproximadament el 15%) i preu.
- **Cèl·lules de silici amorf:** Cèl·lules amb molt poca eficiència. Les seves avantatges és que la cèl·lula és molt poc gruixuda i permet, entre altres coses, fer panells fotovoltaics flexibles, molt útils per determinades aplicacions.

Tots els panells fotovoltaics que es comercialitzen es caracteritzen principalment per la seva potència nominal i les seves dimensions físiques. Tot i això, cal explicar que la potència nominal es dóna en condicions de test en laboratori (STC) i és superior a la potència real que es podrà obtenir en qualsevol cas de funcionament. L'estudi de test es fa amb una irradiància de 1000 W/m^2 i amb una temperatura a la superfície de 25°C . En condicions normals de funcionament, tot i que la radiació fos de 1000 W/m^2 (quasi impossible que sigui tan elevada), la temperatura a la superfície seria superior als 25°C , per tant, es reduiria el seu rendiment i la potència elèctrica generada seria inferior a la donada pel fabricant en condicions STC.

Els panells fotovoltaics es caracteritzen segons la següent corba tensió-corrent:

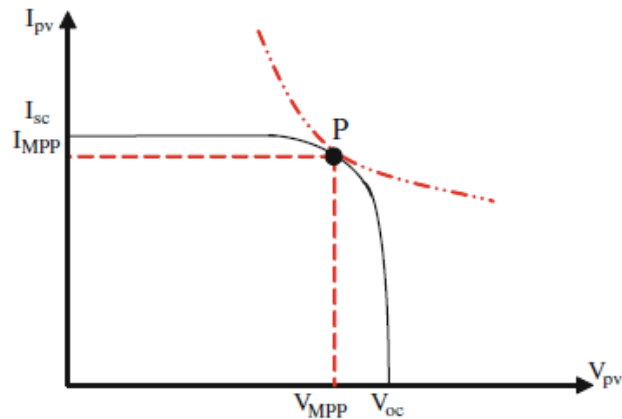


Figura 5-2 Corba característica tensió-corrent panell FV[5]

Es mostren en aquesta corba els paràmetres característics del panells fotovoltaic:

- I_{sc} : Corrent de curtcircuit, màxima corrent que pot produir-se en el panell, es produeix quan el voltatge entre terminals del panell és igual a zero.
- I_{MPP} : Corrent de màxima potència, corrent característica que maximitza el producte de tensió per corrent del panell fotovoltaic.
- V_{oc} : Voltatge de circuit obert, màxim voltatge que pot produir-se en el panell, es produeix quan el corrent entre terminals del panell és igual a zero.
- V_{MPP} : Voltatge de màxima potència, voltatge característic que maximitza el producte de tensió per corrent del panell fotovoltaic.

La irradiància solar que incideix sobre els panells fotovoltaics és la màxima responsable de la potència elèctrica generada pels mateixos en forma de corrent continu, a més irradiància, més potència elèctrica generada. També té una gran influència la temperatura a la que es troba la cèl·lula solar, a major temperatura tindrà una menor eficiència.

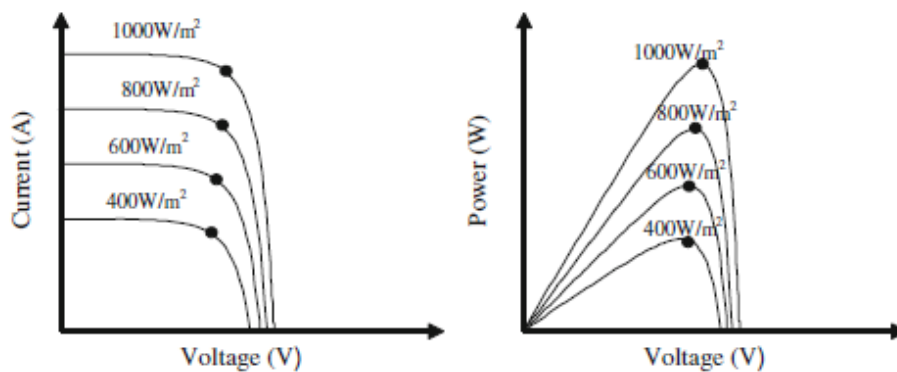


Figura 5-3 Efecte de la irradiància sobre un panell FV[5]

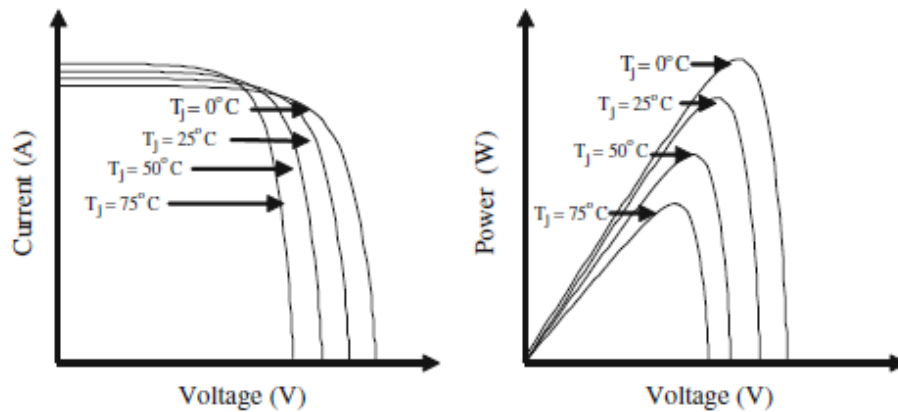


Figura 5-4 Efecte de la temperatura sobre un panell FV[5]

5.2. Emmagatzematge d'energia fotovoltaica.

L'energia fotovoltaica es produeix quan hi ha radiació solar, tot i això, molt freqüentment es vol consumir aquesta energia en altres instants. Per satisfer aquesta necessitat, cal disposar de sistemes d'emmagatzematge d'energia, que acumulen l'energia elèctrica generada en un determinat moment per subministrar-la en altres ocasions.

Els sistemes d'emmagatzematge més comuns per aplicacions fotovoltaïques són les bateries. Aquestes són uns dispositius que a partir de cel·les electroquímiques poden convertir energia elèctrica en energia química (que permet el seu emmagatzematge) i tornar a convertir-la en energia elèctrica quan es vulgui fer ús d'aquesta.

Les bateries estan formades per agrupacions de cel·les elementals, cadascuna de les quals aporta una tensió determinada segons la tecnologia (i material) de la bateria. Les bateries es caracteritzen principalment pel seu voltatge i la seva capacitat. La naturalesa del material del que la bateria té els seus elèctrodes i el seu electròlit estableix la tensió de les seves cel·les, i segons el nombre de cel·les i la seva connexió la bateria tindrà una tensió i capacitat determinada.

La capacitat d'una bateria es dona en *Amperes-hora* (Ah). Idealment la capacitat indica el temps durant el qual la bateria pot subministrar una tensió constant a un corrent de descàrrega determinat. Realment no és així, les bateries tenen unes corbes de funcionament subministrades pels fabricants per les que varien la seva capacitat segons corrent de descàrrega, temperatura, cicles de descàrrega, etc.

Discharge time t_n	10 min	30 min	1 h	3 h	5 h	10 h
Capacity C_n [Ah]	$C_{1/5}$	$C_{1/2}$	C_1	C_3	C_5	C_{10}
A706/21	7.1	10.3	12.2	16.5	19.0	21.0

Figura 5-5 Exemple capacitat bateria segons temps de descàrrega[22]

En aquesta taula es mostra com varia la capacitat d'una bateria segons la seva velocitat de descàrrega. Es veu com amb una descàrrega de 10 hores (C_{10}) té una capacitat de 21Ah (podria subministrar 2,1A constants durant 10 hores), mentre que amb una descàrrega de 1 hora (C_1) disposa únicament de 12,2Ah (podria subministrar 12,2A durant 1 hora).

Els fabricants generalment donen la capacitat nominal d'una bateria en C_{100} (100 hores de descàrrega). Tot i això, també és típic donar la capacitat d'energia emmagatzemada d'una bateria en kWh, aquests corresponen a la multiplicació entre la tensió nominal en V i capacitat en Ah de la mateixa.

Les tecnologies més comuns per les bateries han estat tradicionalment les bateries de plom-àcid i recentment s'estan desenvolupant les de liti. En la següent imatge es mostren les tecnologies de bateries més comuns comparant la seva capacitat d'emmagatzemar energia (Wh/kg) i de tenir potències de càrrega i descàrrega més elevades (W/kg).

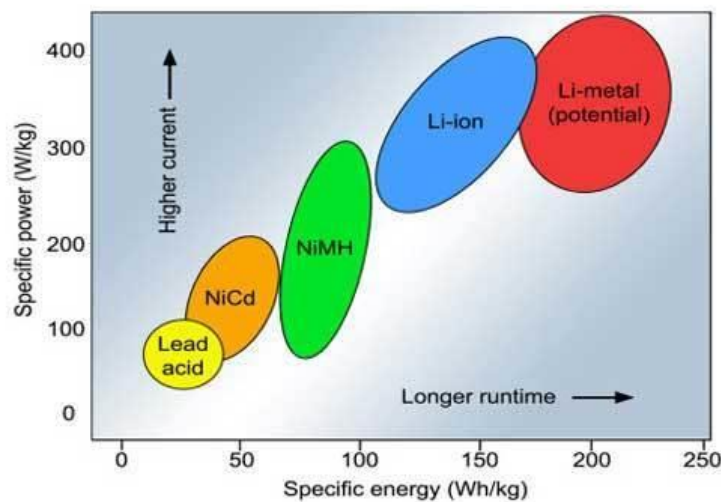


Figura 5-6 Comparació tecnologies de bateries[23]

S'observa com les bateries de plom-àcid tenen una menor energia i potència específica que les bateries de liti. A més a més, les de plom no admeten descàrregues profundes ja que perjudiquen molt la seva vida útil, de manera que únicament és recomanable utilitzar un 50% de la seva capacitat total. Les bateries de liti sí admeten profundes descàrregues i tenen molta més capacitat d'emmagatzematge per kg, tot i això, el seu preu és molt superior a les de plom, pel que per aplicacions domèstiques on no hi ha una gran limitació d'espai ni de pes les bateries de plom-àcid segueixen sent la opció més comú.

Per aplicacions domèstiques d'emmagatzematge d'energia fotovoltaica, les opcions de bateries més comuns i que presenten millors prestacions són les següents:

- **Bateries estacionàries:** Les més comuns. Cel·les individuals obertes de plom-àcid de 2V connectades entre sí per fer bateries generalment de 12V, 24V o 48V. Donen bon rendiment en instal·lacions sense fortes descàrregues, tampoc admeten profundes

descàrregues. Requereixen d'un senzill manteniment periòdic i necessiten estar ubicades verticalment i fixes. Destaquen pel preu d'adquisició assequible que tenen (aproximadament 0,16€/Wh).

- **Bateries AGM i gel:** Bateries amb similars propietats que les estacionàries. No requereixen de manteniment i poden col·locar-se en qualsevol posició. Tenen un preu d'adquisició mig (aproximadament 0,25€/Wh) i generalment disposen d'una vida útil lleugerament més curta que les estacionàries.
- **Bateries de liti:** Bateries que admeten profundes càrregues i descàrregues a una gran velocitat. Permeten una gran densitat d'energia, pel que per casos de poc espai i limitació de pes són les més adequades. Quasi no necessiten manteniment. El seu preu d'adquisició és alt (aproximadament 0,60€/Wh).

6. INTRODUCCIÓ A LA OPTIMITZACIÓ ENERGÈTICA

6.1. Algorisme per optimitzar el comportament energètic en una vivenda amb una micro-xarxa amb generació fotovoltaica.

Per poder dur a terme qualsevol estudi amb l'objectiu d'una reducció i optimització energètica de qualsevol entitat o sistema, cal fer un anàlisi a la metodologia i procediment que a seguir per obtenir uns resultats adequats i una presa de decisions lògica i el més encertada possible. A continuació s'ha establert un procediment algorísmic per optimitzar el comportament energètic d'un habitatge amb una micro-xarxa amb generació d'energia fotovoltaica.

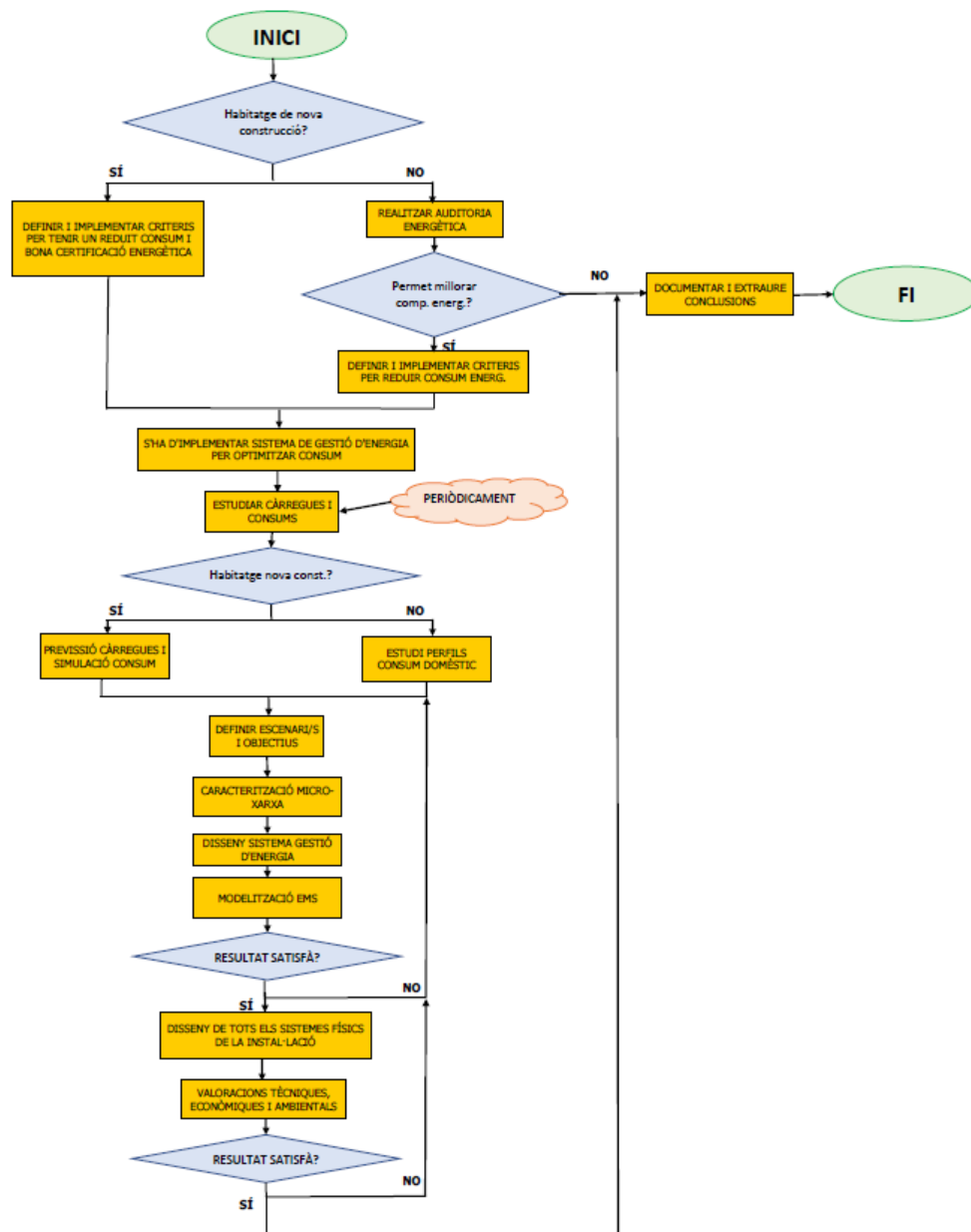


Figura 6-1 Algorisme per reducció i optimització energètica. Font pròpia (Detall a l'Annex)

S'observa com aquest algorisme contempla les possibilitats de que es tracti d'un habitatge de nova construcció i per tant la instal·lació de la micro-xarxa és també nova o bé la possibilitat de que es vulgui optimitzar una vivenda amb una instal·lació ja existent. Les principals diferències entre ambdues opcions és que el nou habitatge ja comptarà amb criteris de reducció de consum energètic imposats per l'arquitecte i requerits per la legislació (RD 564/2017 i RD 253/2013 entre altres) i de l'article 15 del *Codi Tècnic de l'Edificació* (CTE).[24]

En habitatges que ja estan construïts generalment no es poden imposar aquests criteris constructius. Tot i això, al tractar-se d'una instal·lació existent, es pot realitzar una auditoria energètica per determinar el seu comportament energètic i es poden implementar criteris per reduir-ne el seu consum energètic. Generalment, aquests criteris també es poden tenir en compte en la instal·lació de la vivenda de nova construcció. Tots aquests criteris s'expliquen en el següent apartat del projecte.

Per tots els casos, una vegada s'ha reduït tot el possible el consum energètic, cal implementar un sistema de gestió d'energia a l'habitatge per optimitzar al màxim el seu comportament energètic.

Per la implementació d'aquest sistema es segueix la base del model cíclic de millora continua imposat en la normativa ISO 50001. Per aquesta part la única diferència entre habitatges de nova construcció o no serà l'estudi dels perfils de consum en l'immoble. Mentre en els habitatges existents només cal mesurar totes les càrregues durant un període de temps per obtenir els perfils de consum domèstic, en la vivenda de nova construcció cal fer una previsió i simulació de totes les càrregues previstes amb els seus perfils de consum. Els perfils de consums domèstics corresponen a la visualització de la potència consumida de cada càrrega en curts intervals de temps (segons la càrrega va de mil·lèsimes de segons a minuts). La suma de tots aquests perfils de consum de cada càrrega de domèstica al llarg del dia determinen el seu perfil de consum de potència elèctrica per a cada dia.[25]

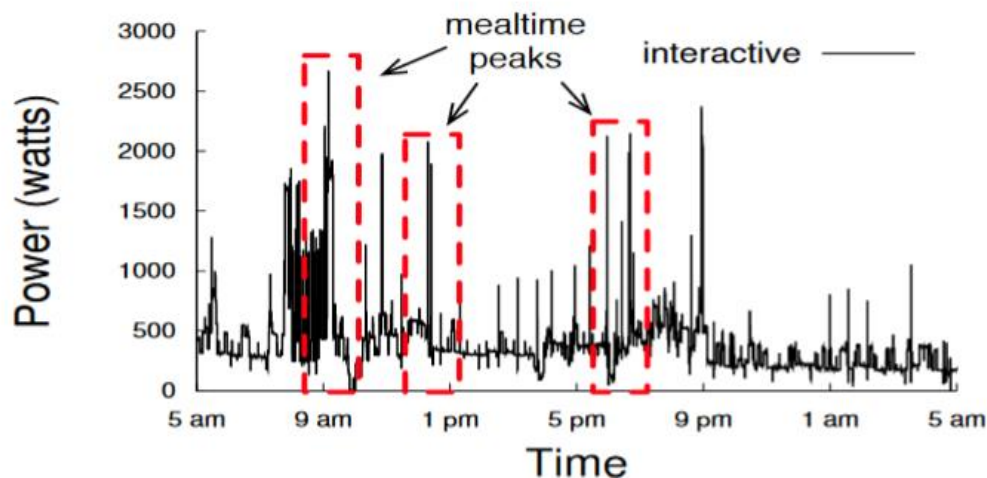


Figura 6-2 Exemple de perfil de consum domèstic en un dia[26]

Una vegada implementat el sistema de gestió d'energia seguint el procediment que es detalla, es procedeix al disseny del sistema de generació d'energia fotovoltaica amb els seus subsistemes corresponents: el sistema d'acumulació de l'energia produïda, el sistema de conversió d'energia, el sistema distribució i de protecció.

Finalment es realitza una valoració econòmica de diferents escenaris presentats al projecte i es comparen entre ells. Si es considera que els sistemes implementats donen uns resultats satisfactoris, es pot donar per finalitzat el projecte amb èxit sempre amb una adequada documentació que justifiqui les decisions que s'han pres.

Com a aportació extra, s'ha introduït en l'algorisme un bloc que indica que cada cert temps s'han de tornar a definir els escenaris i objectius del sistema per si cal actualitzar el sistema de gestió d'energia.

6.2. Criteris per reduir el consum energètic.

En la majoria de casos, abans d'optimitzar el comportament energètic d'un immoble es pot reduir el seu consum implementant una sèrie de mesures. Tot i això, per poder implementar aquestes mesures cal conèixer les càrregues elèctriques existents en els habitatges. Les càrregues elèctriques en el sector residencial en un marc general es mostren en la següent figura.[27]

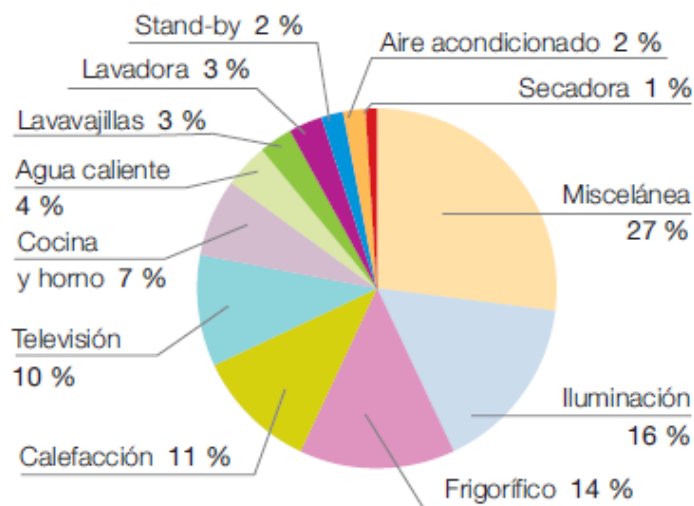


Figura 6-3 Distribució de consum elèctric en el sector residencial d'Espanya[28]

S'observa en la imatge una aproximació de la distribució de les càrregues més significatives en els habitatges d'Espanya. Destaca el 27% del total d'electricitat consumida per càrregues variades (miscel·lània), l'11% pels sistemes de calefacció, així com el 16% que representa la il·luminació i el 10% de televisió. L'escalfament d'aigua representa el 4% i els sistemes de

ventilació i aire condicionat el 2%. Si s'analitza adequadament, es veu que tots els electrodomèstics de l'habitatge (frigorífics, rentadora, rentavaixelles, forn i cuina, etc.) representen més del 40% del consum total. Coneixent tota aquesta informació, es pot prendre una referència sobre els sectors on és més significatiu reduir el consum, aquests són en els electrodomèstics i el seu ús, sistemes de climatització i en la il·luminació. La resta de consum són càrregues variades que només es poden reduir a base d'hàbits per fer-ne un ús racional.

A continuació es determinen uns criteris importants a tenir en compte tant per noves construccions com per habitatges existents per obtenir un millor comportament energètic.

6.2.1. Habitatges de nova construcció o que es contempli una reforma

Els habitatges de nova construcció o bé els existents que contemplin una reforma, ja han de complir unes exigències bàsiques per l'estalvi d'energia que es detallen en la legislació i el Codi Tècnic de l'Edificació. Tots aquests criteris han de quedar definits per l'arquitecte responsable de l'obra. Es detallen les exigències més importants a continuació:

- Limitació de transmitància tèrmica de tota la envoltant de l'edifici (murs, sòl, sostre, vidres, etc.), variant segons la zona geogràfica d'aplicació per reduir pèrdues tèrmiques.
- Limitació de la permeabilitat d'aire en l'edifici per portes i finestres en cabal d'aire per metre quadrat.
- Limitació de la superfície de portes i finestres en funció de la superfície de la façana de l'edifici.
- Rendiment mínim exigít pel *Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis* de les instal·lacions tèrmiques.[29]
- Aprofitament de llum natural mínima en zones i edificis determinats pel CTE.
- Contribució d'energia solar mínima per escalfar l'aigua sanitària en edificis que ho indiqui el CTE (obligatori en tots els immobles nous que no quedin exempts per raons especificades en el CTE, com per exemple estar ubicat en una zona sense suficient radiació solar).
- Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica en edificis que ho indiqui el CTE (destinat principalment a edificis públics i de grans dimensions, encara no contempla habitatges unifamiliars).

Altres criteris que es recomana tenir en compte en la construcció de l'edifici per reduir el consum energètic és la seva arquitectura bioclimàtica, que contempla criteris com són la seva orientació i la distribució de les habitacions, sales, portes i finestres entre altres dintre d'aquest. Per exemple, sempre s'intentarà orientar la façana principal al sud (en l'hemisferi nord) i permetre una ventilació adequada dintre de l'edifici gràcies a la correcta distribució de les finestres.

Tot i que aquestes mesures estan principalment destinades a habitatges nous o reformats ja que són majoritàriament criteris constructius, algunes com per exemple la instal·lació de vidres

gruixuts amb aïllament tèrmic o sistemes d'escalfament d'aigua mitjançant energia solar es poden contemplar com a millores significatives per reduir el consum energètic en habitatges ja construïts.

6.2.2. Qualsevol habitatge

A continuació es detallen altres criteris que es poden implementar en qualsevol vivenda i que permeten reduir el seu consum energètic.

a) Millora de certificació energètica.

S'ha vist com els electrodomèstics, l'apartat d'il·luminació, climatització i els aires condicionats són els principals consumidors d'energia elèctrica dels habitatges, és per això que és de gran importància actuar damunt d'aquests ja que són els que permeten obtenir un major marge de millora per reduir el seu consum elèctric a partir de millorar la seva eficiència energètica.

Aquest apartat està regulat per la comissió europea en el seu àmbit d'energia i imposa, a partir del Reglament del Parlament Europeu 2017/1369 de 4 de juliol de 2017[30], que tots els productes relacionats amb l'energia que s'introdueixin al mercat han d'anar etiquetats amb l'etiqueta d'eficiència energètica. L'etiqueta d'eficiència energètica senyala la qualificació energètica dels productes segons el seu consum i la seva eficiència energètica. La qualificació energètica es dona en una escala que va de la A a la G, sent els productes de classe A els més eficients i, per tant, els més recomanats per reduir el consum elèctric de l'habitatge.

A continuació es mostra la reducció de consum aproximat que aporta cada esglaió de l'etiqueta energètica.

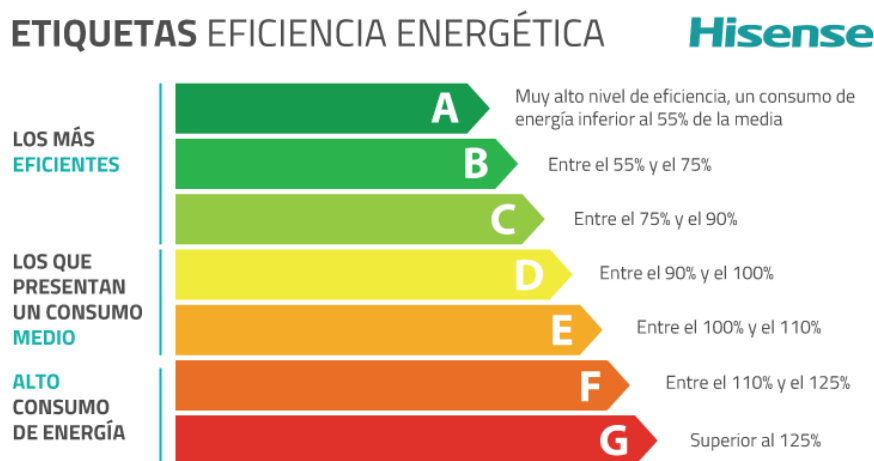


Figura 6-4 Estalvi per esglaió de l'etiqueta energètica. Font: Hisense

A continuació es mostra un exemple d'etiqueta energètica d'una rentadora creada manualment però amb valors reals des de la pàgina web de la comissió europea, es veu com a més d'indicar

la seva classe energètica, indica informació bàsica del producte, així com el seu consum anual d'electricitat i aigua, la seva sonoritat, etc.

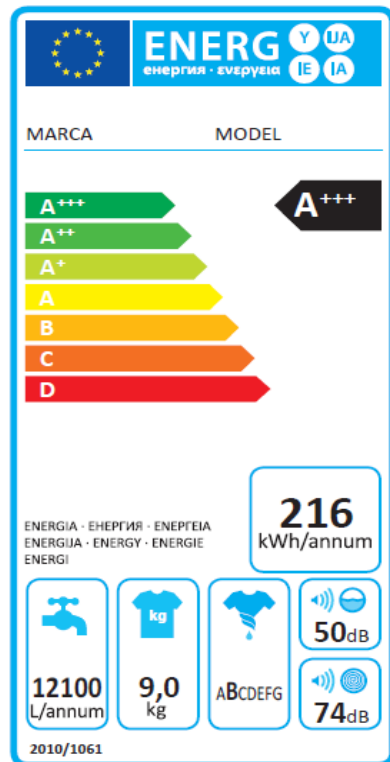


Figura 6-5 Etiquetat energètic d'una rentadora[31]

Una vegada es coneix això, en la compra de qualsevol producte elèctric, sobretot els que s'han comentat anteriorment, cal analitzar la seva etiqueta energètica i, tot i que en el moment de la seva compra són lleugerament més cars, és molt recomanable comprar els que tenen la millor eficiència energètica ja que afavoreixen una important reducció en el consum elèctric domèstic. Habitualment, en el termini de vida útil dels productes l'estalvi d'energia mensual acaba compensant la major inversió inicial. A més, tenir tots els elements de l'habitatge amb una bona qualificació energètica permeten reduir molt considerablement la petjada de carboni domèstica i obtenir una bona certificació energètica de la vivenda (certificat similar a l'etiquetat dels productes però pels habitatges), aquesta certificació energètica en l'àmbit domèstic ja és obligatòria en alguns casos en què es vol llogar o vendre un immoble.

b) Hàbits d'ús

Aquest és l'apartat més simple però a la vegada més difícil d'implementar en un habitatge per reduir el seu consum energètic, és l'apartat on es mostren els criteris on la seva implementació és totalment gratuïta i no suposen cap despesa extra en cap moment. Aquests són pautes bàsiques a seguir pels consumidors d'energia elèctrica en l'habitatge que suposen una important reducció en el consum d'energia elèctrica. La viabilitat d'aquests criteris serà bona si tots els que viuen a la casa en són conscients i els duen a terme.

- Apagar els llums i tots els dispositius elèctrics sempre que no s'estiguin utilitzant.
- Aprofitar la llum natural i temperatura ambient de l'exterior sempre que sigui possible.
- Pintar parets de sales i dormitoris de colors clars per tenir una millor il·luminació.
- Netejar periòdicament punts de llum, ja que la brutícia bloqueja la llum emesa.
- Fer un ús responsable de l'aigua, sobretot de l'aigua calenta.
- Obrir les portes i finestres d'exterior per aprofitar temperatura exterior quan no hi ha els sistemes de climatització o bé tancar-les quan no es vol perdre calor o frescor interior.

- Fer un ús responsable de calefacció i aire condicionat, recomanable no més de 20°C a l'hivern i no menys de 24°C a l'estiu. A més, només fer ús d'aquests sistemes quan s'està a la casa i a les zones que s'ocupen.
- Desconnectar de l'electricitat els dispositius elèctrics apagats que queden en mode *stand by*. Està comprovat que poden arribar a consumir fins el 10% del consum elèctric total d'un habitatge.
- Fer usos de la rentadora, assecadora i rentavaixelles només quan estan a càrrega completa. A més, intentar fer cicles el més curt possible i amb aigua el més freda possible sempre que sigui possible.
- Aprofitar quan s'ha de planxar per planxar tota la roba possible, ja que es perd molta energia en el procés d'escalfar la planxa.
- Situar el frigorífic i congelador a llocs on no doni el sol i lluny de fonts de calor, a més de descongelar-los periòdicament per evitar plaques de gel.
- Evitar obrir freqüentment el frigorífic i congelador. A més, sempre que s'obri intentar tenir-lo obert el menor temps possible i assegurar-se que es tanca correctament.
- Quan es vulgui descongelar un aliment, posar-lo dintre la nevera. Així s'aprofita el fred d'aquest.
- Utilitzar el forn només per casos on es requereixi per un temps considerable i evitar obrir-lo sempre que es pugui, d'altra manera es consumeix molta energia per escalfar el forn i després enseguida s'apaga sense poder utilitzar-la. Per fer coses de curta duració és més recomanable utilitzar el microones.
- Tapar les olles i paelles sempre que es pugui per mantenir més la calor i poder abaixar el nivell del foc. A més, apagar el foc (o placa d'inducció) uns instants abans d'acabar de coure el menjar per aprofitar el calor romanent. També és molt recomanable fer ús d'olles a pressió ja que són més ràpides.
- Desconnectar totes les càrregues possibles de la casa en períodes que un està de vacances i per tant la casa queda buida un temps. Les més importants són l'escalfador d'aigua elèctric (en el cas que se'n tingui) i el frigorífic (sempre buidant-lo abans perquè no es perdi res).

c) Adequació de l'habitatge

En aquest apartat es mostren criteris de fàcil implementació sobre l'immoble que generalment suposen una inversió inicial assequible i que poden arribar a produir un descens en el consum energètic molt considerable. No totes les mesures són aplicables per tots els habitatges, sempre caldrà estudiar-les i aplicar només les més adients per a cada cas.

- Instal·lar cortines opaques o bé persianes regulables en totes les finestres i portes de vidre que donen a l'exterior. Aquesta mesura permet reduir en gran mesura la calor que penetra a la vivenda a l'estiu. En hivern, amb la seva obertura permet deixar entrar la radiació solar i per tant escalfar l'habitatge sense generar pèrdues de calor addicionals. Aquesta mesura també permet regular la lluminositat que entra.

- Instal·lar tendals o pèrgoles en finestres i balcons exteriors. Dóna ombra quan el sol està en posició alta en estiu (les hores de més calor), pel que redueix molt considerablement la temperatura dintre de l'habitatge quan fa calor. Si està ben instal·lat, en hivern, que el sol està més baix, permetrà que la radiació entri a la casa i ajudar a escalfar.
- Instal·lar claraboies al sostre quan sigui possible per aprofitar la lluminositat exterior. S'ha d'estudiar bé com i on es col·loca ja que una incorrecta instal·lació d'aquesta pot suposar una font de calor molt alta en estiu.
- Instal·lar panells solars per escalfar l'aigua de la vivenda de manera neta.
- Aïllar adequadament tots els conductes d'aire i aigua calenta per evitar pèrdues tèrmiques.
- Instal·lar acumuladors d'aigua calenta escalfada pels panells solars.
- Instal·lar tots els productes elèctrics amb bona certificació energètica (bombetes LED, electrodomèstics eficients, etc.).
- Contemplar la possibilitat d'instal·lar la rentadora i rentavaixelles amb entrada d'aigua calenta si es disposa d'aigua escalfada eficientment.

d) Automatització

Gairebé totes les mesures per reduir el consum d'energia que s'han introduït fins el moment es poden arribar a implementar de manera automàtica o bé telemàticament (per exemple, a partir d'un telèfon connectat a internet) si es disposa d'un adequat equip d'automatització i comunicació. Aquest és un sistema de domòtica o bé elements individuals però controlats, instal·lats i programats correctament que permeten millorar l'eficiència energètica de l'habitatge. El conjunt d'aquests dispositius d'automatització i comunicació fan una casa intel·ligent, *smart home* en anglès.

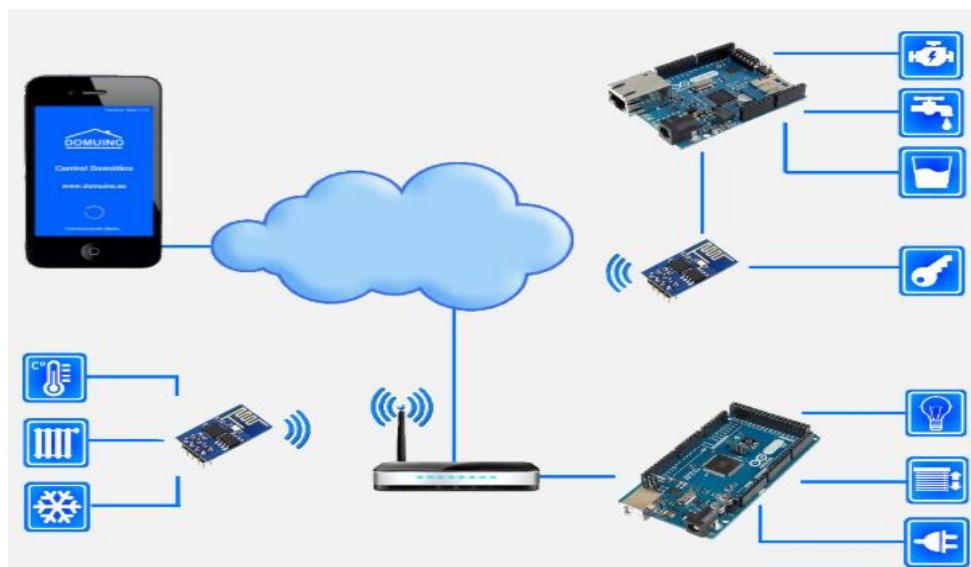


Figura 6-6 Representació d'una instal·lació domòtica[32]

Les principals funcions que resulten molt interessants d'automatitzar en consideració a la reducció de consum energètic (sense tenir en compte el confort que aporten aquestes mesures a l'habitabilitat de l'immoble) són per exemple la connexió i desconnexió dels endolls segons l'estat d'energia que hi ha en la micro-xarxa de la casa i la prioritat de la càrrega que hi està endollada, aquesta funció és molt atractiva de cara als electrodomèstics, per exemple, que connecti la rentadora a l'hora que hi ha més energia disponible o bé quan aquesta és més barata. També es pot arribar a automatitzar que quan una càrrega s'apaga i queda en funció de *stand by*, l'endoll automàticament es desconnecti per evitar el consum del *stand by*. Hi ha opcions al mercat per eliminar el consum en *stand by*, les més habituals són dispositius que es connecten a l'endoll i que detecten quan un dispositiu s'apaga i queda consumint en *stand by*, quan detecten això, aquests dispositius tallen el flux de potència que va a la càrrega per evitar aquest consum.

Resulta molt interessant un sistema automàtic que a partir de sensors lumínics dintre de les diferents habitacions de la casa, quan es vol encendre el llum i hi ha presència de llum natural, el nivell de la llum generada s'adeqüi a la lluminositat que hi ha. Un sistema similar a aquest, és que a partir d'elements per automatitzar l'obertura de les persianes, tendals o pèrgoles es pot controlar la lluminositat que entra, així com la radiació solar que penetra i que actua com una font de calor que ajuda en els mesos d'hivern a reduir considerablement el consum en calefacció, per aquest cas també és necessari el control de la temperatura interior i exterior.

A partir de sistemes d'automatització i amb sensors de presència també es poden desconnectar els llums i les càrregues no necessàries automàticament quan no hi ha ningú a una zona determinada o bé a tot l'habitatge, d'aquesta manera s'evita que quedin càrregues innecessàries connectades, generalment perquè algú s'ha oblidat d'apagar-les.

Finalment, els sistemes domòtics també venen acompanyats de sistemes de mesura intel·ligents, el que significa que queden registrats tots els consums domèstics perquè es puguin analitzar i saber on és necessari actuar per millorar el comportament energètic global de l'habitatge.

Les aplicacions i possibilitats que permeten els sistemes domòtics o dispositius d'automatització parcial en les cases o bé en edificis destinats a qualsevol servei actualment són pràcticament in comptables i estan en un intens desenvolupament tecnològic. La instal·lació d'aquests sistemes encara és reduïda per culpa del seu elevat preu d'adquisició i d'instal·lació, aquest és el culpable que tot i que els sistemes permetin una notable reducció del consum de l'immoble, generalment no surt rentable en termes econòmics la seva inversió inicial respecte l'estalvi a llarg termini i la majoria d'instal·lacions domòtiques o sistemes automàtics es donen majoritàriament per millorar el confort de l'habitatge. Tot i això, si s'estudia un sistema d'automatització parcial únicament de les càrregues més significants de la vivenda, és molt possible que la inversió inicial surti rentable en el seu termini de vida útil.

Els sistemes d'automatització en habitatges van des de xarxes domòtiques que controlen tots els dispositius de l'habitatge a partir de busos físics (el més comú és un sistema domòtic amb protocol de comunicació *KNX*), xarxes domòtiques amb sistemes de comunicació sense fils (per exemple amb protocol de comunicació *Z-Wave*), o bé un reduït equip que únicament permet automatitzar un nombre reduït o fins i tot únicament una càrrega (per exemple un endoll connectat a internet que permet connectar-se o desconnectar-se a partir del telèfon mòbil o veure el seu consum elèctric).

6.3. Criteris d'optimització energètica.

Una vegada es coneixen les diferents solucions més efectives per reduir el consum d'energia d'una casa actuant en diferents elements de manera individual, es pot procedir a fer un estudi d'optimització d'aquestes càrregues pensant en un conjunt. És a dir, una vegada es té un consum individual de les càrregues el més reduït possible, s'ha d'estudiar la casa com un sistema conjunt de totes les càrregues i fonts d'energia elèctrica que interactuen entre sí per obtenir l'objectiu de reduir tot el possible el consum del conjunt global de l'habitatge, així com d'aprofitar al màxim tota l'energia produïda en la micro-xarxa. Això permet que la micro-xarxa a optimitzar es pot dividir en la part generadora i el costat de demanda, es poden optimitzar ambdues parts. La banda de generació s'optimitza seguint estratègies de seguiment del consum de les càrregues, és a dir, intentar sempre igualar la producció amb el consum, si hi ha càrregues extra s'ha d'intentar incrementar la producció. Per la banda de demanda d'energia elèctrica també s'ha d'intentar seguir una estratègia de seguir la potència generada, pel que si es té poca producció, intentar reduir el consum.[33]

6.3.1. Sistema de gestió d'energia.

La solució per optimitzar l'ús de tota l'energia d'una micro-xarxa amb sistemes de generació i consum d'energia és la implementació d'un sistema de gestió d'energia en aquesta micro-xarxa. El concepte de sistema de gestió d'energia i les seves funcions principals, així com el procediment per fer-ne un adequat disseny, ja s'han introduït anteriorment. Tot i això, no s'ha explicat en quins fonaments es suporta el seu funcionament i els criteris que s'han de tenir en compte en la seva implantació per obtenir uns resultats òptims per cada micro-xarxa i les seves pròpies necessitats.

Aquests fonaments es mostren en el diagrama de flux de la norma ISO 50001 per dissenyar adequadament un sistema de gestió d'energia, actuant des del costat de la micro-xarxa de demanda, ja que el costat de generació gairebé no es pot gestionar i sempre s'ha de tractar de generar la màxima potència possible. El funcionament del sistema de gestió d'energia es basa en una selecció de polítiques energètiques adequades pel sistema i que segons la seva planificació determinen el seu comportament per cada circumstància.[34][35]

6.3.2. Introducció a les polítiques energètiques.

Per determinar les polítiques energètiques que comanden un sistema de gestió d'energia, primer hi ha que fer un estudi de les polítiques més comuns que hi ha actualment, així com estudiar la dificultat i viabilitat que presenta la implantació de cadascuna.

a) *Net metering*

Segons la seva traducció de l'anglès, balanç net. És una política que es basa en injectar a la xarxa tota l'electricitat excedent de la micro-xarxa per poder utilitzar-la més endavant o bé per vendre-la per contrarestar costos de la factura elèctrica. Per poder dur a terme aquesta mesura, ha d'estar reconeguda com a legal per la legislació i a Espanya no es dona el cas.

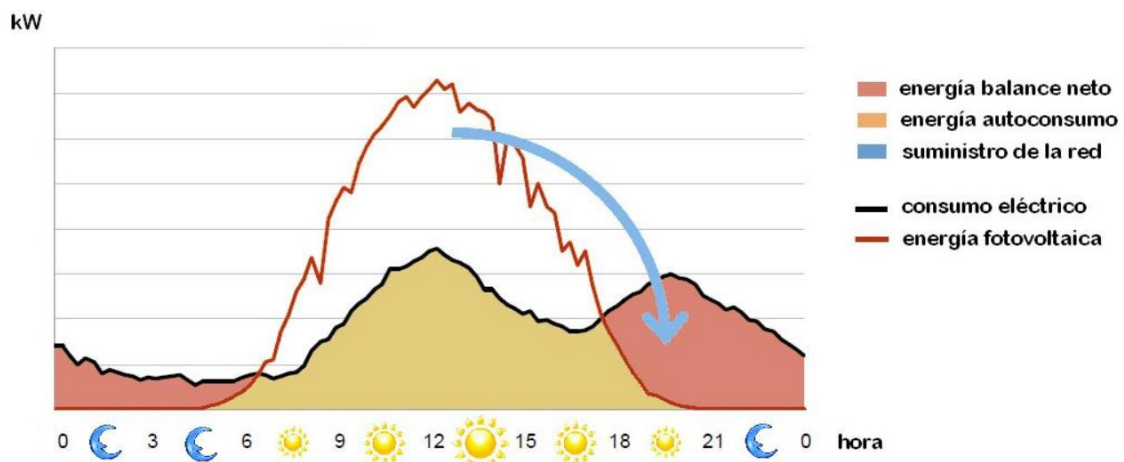


Figura 6-7 Representació net metering. Font: Wikipedia

b) *Peak shaving*

Segons la traducció aproximada de l'anglès, reducció de pics. Aquesta política s'aplica per limitar la potència màxima absorbida de la xarxa. El seu funcionament es basa en que quan la potència absorbida de la xarxa supera un valor màxim fixat, el sistema utilitza una font d'energia alternativa per alimentar el consum (generalment energia fotovoltaica emmagatzemada en bateries o bé a partir d'un grup electrogen). Aquest funcionament permet que al reduir la potència màxima absorbida de la xarxa, es pugui reduir la potència contractada a la companyia subministradora. Pels casos en què s'aplica aquesta política energètica en micro-xarxes amb generació fotovoltaica, el sistema generalment dona prioritat a l'ús de l'energia fotovoltaica generada abans que l'energia de la xarxa de distribució.[36][37][38]

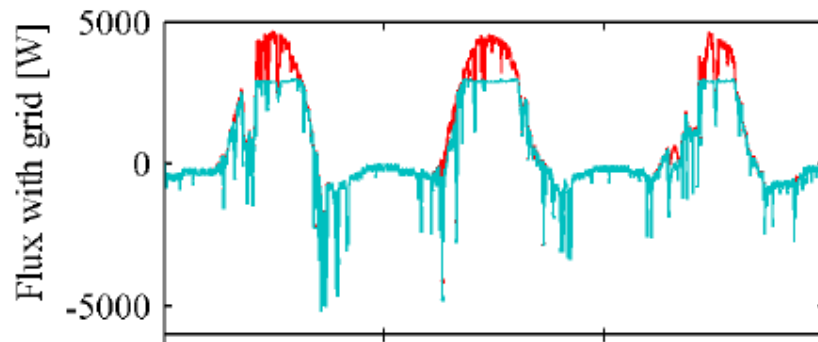


Figura 6-8 Flux de potència amb la xarxa amb peak shaving (en vermell la potència que aporten les bateries)[37]

c) Load Shedding

Segons la traducció de l'anglès, desconexió de càrrega. Una mesura bàsica, es basa en desconectar les càrregues de la micro-xarxa quan aquestes no són necessàries o bé hi ha limitació d'energia i no és una càrrega prioritària. La seva aplicació és molt atractiva quan es divideixen les càrregues de l'habitatge per prioritats.

d) Load Shifting

Segons la traducció de l'anglès, desplaçament de càrrega. La seva funcionalitat és desplaçar el moment de funcionament d'algunes càrregues per desplaçar-les a hores de vall (l'electricitat és més barata) o traspasar-les a hores que la producció d'energia fotovoltaica excedeix la demandada. Política molt útil per casos com el funcionament de la rentadora, calefacció, escalfadors d'aigua...

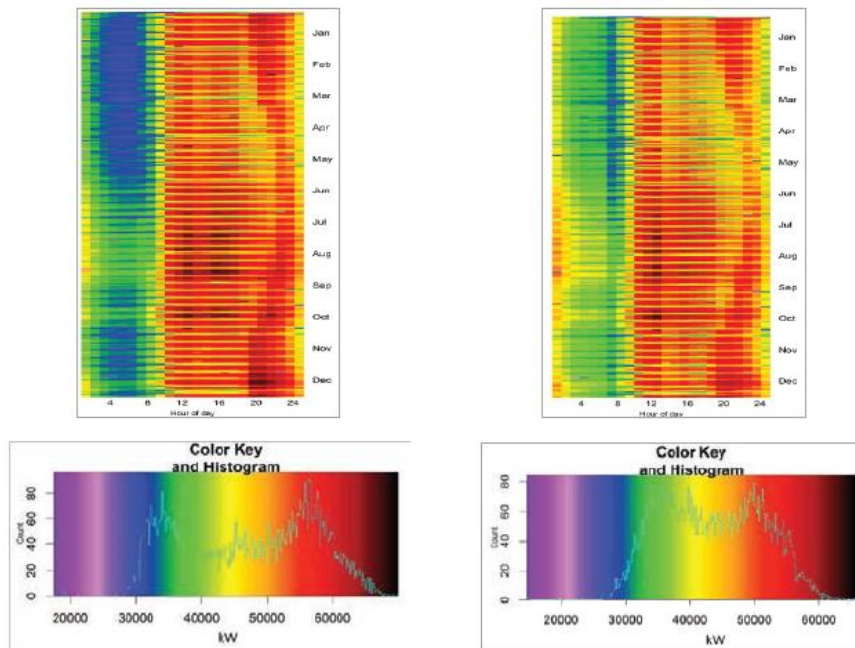


Figura 6-9 Comparativa consum elèctric anual en ciutat sense load shifting (esquerra) i amb load shifting (dreta) [39]

e) Spinning Reserve

Segons la traducció aproximada de l'anglès, reserva continua. Fa referència a que el sistema ha d'estar capacitat per suportar variacions immediates en la generació d'energia fotovoltaica i en el consum de les càrregues. És la capacitat energètica en desús que pot ser activada per qualsevol variació en el sistema en qualsevol moment.[40]

f) Peak clipping

Segons la traducció de l'anglès, retall de pic. Aquesta política el que fa és reduir el consum d'electricitat en els moments de pic de potència per evitar tenir grans pics en el perfil de consum.

g) Valley filling

Segons la traducció de l'anglès, ompliment de vall. Aquesta política el que fa és incrementar el consum en les hores de vall. És una mesura molt atractiva quan es realitza juntament amb la política de desplaçament de càrregues. D'aquesta manera es desplacen les càrregues de les hores punta a hores vall amb electricitat més barata, a més, s'obté un perfil de consum més estable.

h) Strategic conservation

De l'anglès, conservació estratègica. Aquesta política, més que una política de gestió de l'energia és una política d'estalvi. El que indica és que s'intenti reduir el consum d'energia sempre que sigui possible.

i) Politiques pròpies

Per cada sistema de gestió d'energia es poden implementar polítiques i decisions pròpies segons convingui. Per exemple, en un immoble que disposi d'un carregador de vehicle elèctric bidireccional (permet injectar i absorbir potència elèctrica), es pot contemplar que el sistema de gestió faci un intercanvi d'energia amb el cotxe en la direcció que resulti més atractiva en cada moment. Un altre exemple és determinar unes càrregues de l'habitatge que s'activin únicament quan hi ha energia excedentària a la micro-xarxa i no interessa injectar aquesta energia a la xarxa perquè no es pot vendre ni utilitzar més tard.



Figura 6-10 Representació gràfica de les principals polítiques energètiques del costat de gestió de la demanda que modifiquen el perfil de consum[41]

6.4. Criteris d'estalvi en la factura elèctrica

El principal motiu pel que molta gent decideix millorar el seu consum energètic domèstic és per reduir l'import de la factura elèctrica que paguen a la companyia de distribució d'energia elèctrica. És per aquest motiu que és important donar unes pinzellades de com es genera la factura elèctrica, els paràmetres que hi influeixen i veure com en moltes ocasions és possible reduir el seu import final sense reduir el consum elèctric.

Els principals paràmetres que influeixen en la factura elèctrica i regulats pel Reial Decret 469/2016 de 18 de Novembre, són la potència elèctrica contractada a la companyia distribuïdora (mesurada en kW) i el consum d'energia elèctrica activa del període de facturació (mesurat en kWh). [42]

a) Potència contractada

Dintre de la factura, la potència màxima que es té contractada representa una part fixa que marca la quota mínima mensual que caldrà pagar tot i que no es consumeixi electricitat. El seu import ve fixat per les tarifes d'accés i es dona en €/kW per dia.

A partir d'aquest punt, es pot justificar la importància que té tenir una potència contractada adequada, ja que si es contracta més potència de la que es necessita, s'estarà pagant més per una potència que no és aprofitada.

b) Energia activa consumida

Els comptadors que fan de frontera entre la xarxa de distribució i la instal·lació elèctrica domèstica particular mesuren tota l'energia activa que consumeix l'habitatge procedent de la xarxa i subministrat per la companyia generadora. A partir de tota l'energia consumida durant el període de facturació, s'aplica un preu en €/kWh per determinar l'import que caldrà pagar per l'energia consumida.

Tot i això, està contemplat a partir del RD 1164/2001 de 26 d'Octubre[43], que es poden contractar tarifes elèctriques que contemplin diferents preus del kWh segons l'hora en què es consumeixi (tarifes amb discriminació horària), de manera que si es consumeix electricitat en hores punta (en estiu de 13h a 23h i en hivern de 12h a 22h) aquesta té un preu més alt que si es consumeix en hores vall (la resta d'hores).

D'aquesta manera, analitzant el consum elèctric que es duu a terme en una vivenda, és molt probable que implementant una tarifa amb discriminació horària es pugui estalviar una quantitat raonable en la factura elèctrica.

DETALLE DE LA FACTURA	
LUZ	
Importe por potencia contratada:	
3,3 kW x 0,134155 Eur/kW x 34 días	15,05 €
En dicho importe, facturación por peaje de acceso:	
3,3 kW x 38,043426 Eur/kW y año x (34/365) días	11,69 €
	15,05 €
Importe por energía consumida:	
524 kWh x 0,146795 Eur/kWh	76,92 €
En dicho importe, su facturación por peaje de acceso ha sido:	
524 kWh x 0,044027 Eur/kWh	23,07 €
	76,92 €
SUBTOTAL	91,97 €
OTROS CONCEPTOS	
Impuesto electricidad (91,97 X 5,11269632 %)	4,70 €
Alquiler equipos de medida y control (34 días x 0,026765 Eur/día)	0,91 €
SUBTOTAL	5,61 €
Importe total	97,58 €
IVA normal (21%) 21% s/ 97,58	20,49 €
TOTAL IMPORTE FACTURA	118,07 €

Figura 6-11 Exemple de factura elèctrica sense discriminació horària. Font: Endesa

7. OBJECTE I EMPLAÇAMENT DEL CAS D'ESTUDI

L'habitatge unifamiliar de nova construcció al que s'implementaran els criteris d'optimització energètica està situat en sòl urbà, a l'illa d'Eivissa al poble de Santa Gertrudis de Fruitera que pertany al municipi de Santa Eulària des Riu. Està connectat a la xarxa de distribució d'energia elèctrica i a la xarxa d'abastament d'aigua.

L'immoble està destinat a ser la residència d'una família formada per un matrimoni amb tres fills de 16 anys, 13 anys i 8 anys.

A continuació es mostren les característiques més importants de la casa, el plànol de l'emplaçament, la seva distribució i plànols de totes les plantes.

Taula 7.1 Emplaçament i característiques de l'habitatge

Direcció	C/ Vénda de Cas Serres, nº26
Direcció (2)	07814, Eivissa
Latitud	38° 59' 49,3'' N
Longitud	1° 25' 40,5'' E
Orientació	215°
Nº de plantes	3
Superfície útil total	357 m ²
Superfície piscina	40 m ²
Superfície terrasses	77 m ²
Superfície terrat	150 m ²



Figura 7-1 Emplaçament de l'immoble. Font: Google Maps

Taula 7.2 Distribució de l'habitatge

SOTERRANI	PLANTA BAIXA	PLANTA 1
Sales tècniques	Rebedor	Distribuïdor
Bugaderia	Cuina	Dormitori 2
Garatge	Sala d'estar	Bany 2
Sala Piscina	Terrasses	Dormitori 3
Traster	Dormitori 1	Bany 3
Cisterna	Bany 1	Dormitori 4
	Piscina	Bany 4
		Terrasses

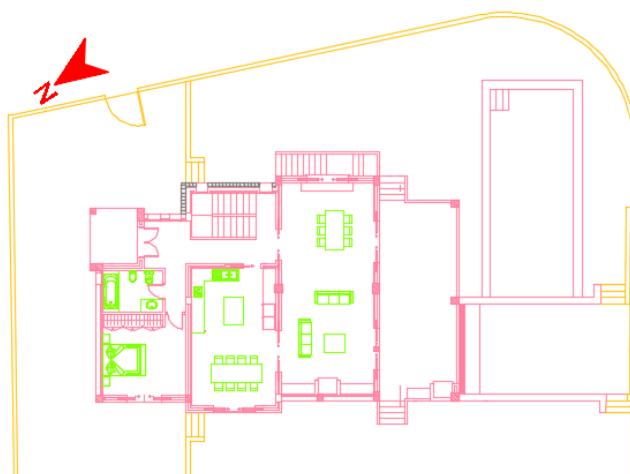


Figura 7-2 Planta baixa i envoltant

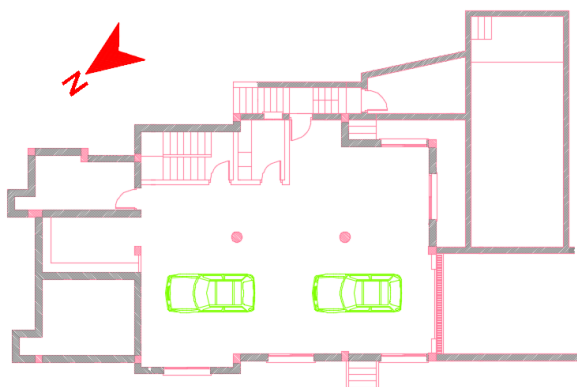


Figura 7-3 Soterrani

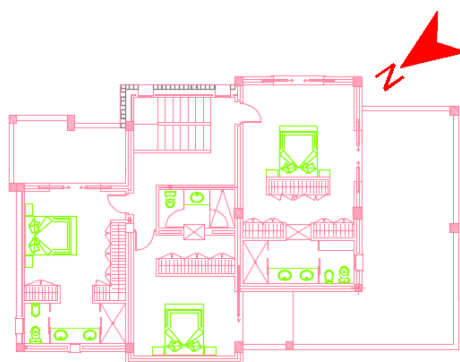


Figura 7-4 Primera planta

8. CRITERIS DE REDUCCIÓ DE CONSUM ENERGÈTIC EN EL CAS D'APLICACIÓ

Després d'una contextualització del treball, ja es pot procedir a fer una selecció per implementar tots aquells criteris que es considerin més adients per l'habitatge d'estudi perquè aquest tingui un consum d'energia elèctrica mínim i sostenible que a més de reduir la seva petjada de carboni, minimitzi el cost de les factures elèctriques.

A continuació es determinen les mesures de reducció de consum elèctric que s'implementaran a la vivenda, tot i que algunes no estiguin directament relacionades amb la instal·lació elèctrica de la casa, permeten reduir considerablement el seu consum.

Per obligació de complir les exigències del CTE i sentit comú de l'arquitecte, s'implementaran tots els criteris presentats al punt 6.2.1. A més, s'instal·larà un sistema d'escalfament d'aigua a partir de captadors solars i de generació d'energia elèctrica amb panells fotovoltaics.

Seguidament, es sol·licita al promotor que construeix l'immoble que instal·li tots els productes elèctrics amb la millor certificació energètica possible i adequi l'habitatge correctament segons les mesures presentades en l'apartat c) del punt 6.2.2. També se li presenten totes les mesures de l'apartat b) del punt 6.2.2 que fan referència als hàbits d'ús de l'electricitat perquè els habitants les duguin a terme en la mesura que sigui possible.

Finalment, cal considerar el punt d) del punt 6.2.2 que fa referència a l'automatització de la vivenda per millorar el seu comportament energètic. Per aplicar aquest punt considerant únicament la millora de comportament energètic de la casa, cal fer un estudi de viabilitat previ, majoritàriament per qüestions econòmiques, ja que suposa una alta inversió inicial que no sempre queda amortitzada. Per això, de moment no es contemplen aquests criteris, únicament es considera el sistema de gestió d'energia intel·ligent a implementar que ja disposa de sistemes propis d'automatització que actuen directament en la millora d'eficiència energètica de l'habitatge.

9. ESTUDI DE LA MICRO-XARXA DE L'HABITATGE

9.1. Estudi del consum domèstic.

Per poder procedir amb la optimització del comportament energètic de la micro-xarxa d'estudi, és necessari fer una previsió de totes les càrregues que estaran presents en la vivenda. Com es tracta d'un habitatge de nova construcció i no es pot realitzar un estudi dels consums reals, s'ha de treballar a base de simulacions del comportament de càrregues modelitzades a partir d'un software.

L'objectiu d'aquesta previsió de càrregues és obtenir el perfil de consum de les càrregues domèstiques. Per això inicialment s'han de presentar tots els elements que consumeixen electricitat de la casa, així com determinar la època i horaris més habituals en què operen. A continuació s'ha d'analitzar el perfil de potència de cada càrrega i a partir de la suma de tots els perfils de potència de tots els elements, es pot obtenir el perfil de les càrregues domèstiques resultant per les èpoques més significatives de l'any.

9.1.1. Previsió de càrregues.

Per fer una previsió de les càrregues que hi haurà a l'habitatge el més pròxima a la realitat possible, s'ha estudiat amb el promotor de l'obra totes les càrregues elèctriques que s'instal·laran, totes aquestes es mostren a continuació.

Taula 9.1 Resum càrregues de l'habitatge

Il·luminació LED (50 u)	Varis cuina (batedora, extractor...)
Rentadora (1 u)	Escalfador d'aigua elèctric (1 u)
Assecadora (1 u)	Varis bany (assecador de cabells, planxa cabells...)
Varis neteja (aspirador, planxa...)	Motors de persianes (20 u)
Placa Inducció (1 u)	Motor porta garatge (1 u)
Forn (1 u)	Motor barrera entrada (1 u)
Frigorífic amb congelador (1 u)	Bomba de calor per sòl radiant i bombeig propi (14kW tèrmics) (1 u)
Congelador vertical (1 u)	TV (5 u)
Microones (1 u)	Bombes pel bombeig de la piscina (1 u)
Cafetera (1 u)	Unitats d'aire condicionat (5 u)
Rentavaixella (1 u)	Miscel·lània (Ordinadors, porter automàtic, consoles, mòbils...)

9.1.2. Detall de les càrregues més significatives.

El perfil de consum domèstic es pot dur a terme únicament si les càrregues que s'introdueixen es defineixen correctament amb el seu propi perfil de potència. Per això s'ha estudiat en diferents articles tècnics i guies de consum domèstic el perfil de potència de les càrregues més significatives durant el seu funcionament. A continuació es mostren les corbes que s'han generat per representar cada càrrega de l'habitatge amb l'ajuda del software *Matlab*. S'han realitzat certes simplificacions i aproximacions per facilitar lleugerament l'estudi ja que s'ha observat que el resultat obtingut no diferia molt de la realitat. Les característiques de potència de cada element així com les seves hores de funcionament es defineixen més endavant.[26], [38], [44]–[49]

Totes les càrregues que no es detallen a continuació es consideren amb un perfil de potència de valor constant i una determinada durada, definits ambdós valors per cada càrrega.

a) Frigorífic i congelador

S'han modelitzat els següents perfils de potència al llarg del dia pels casos del frigorífic i un congelador vertical.

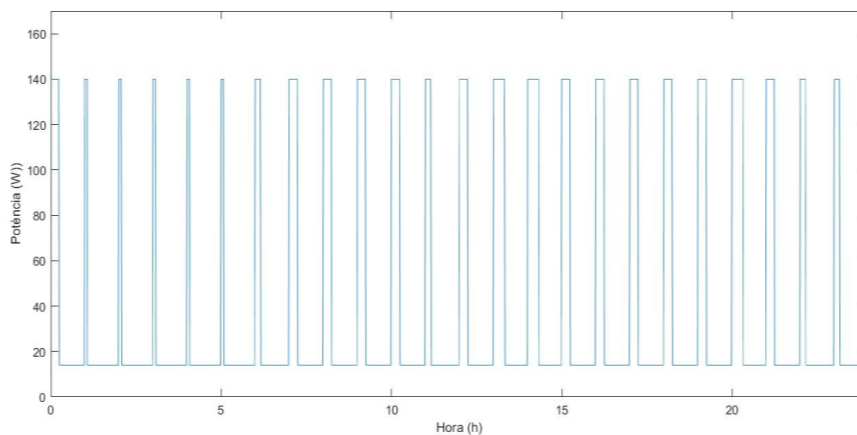


Figura 9-1 Perfil de potència frigorífic

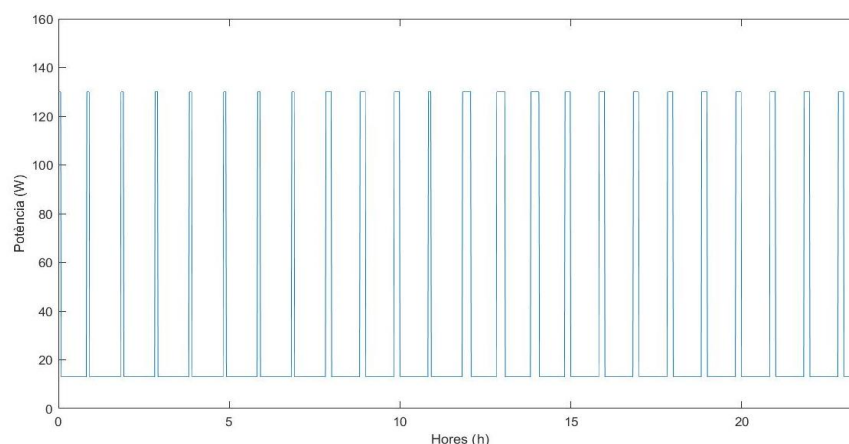


Figura 9-2 Perfil de potència congelador

b) Rentadora, assecadora i rentavaixella

S'han modelitzat els comportaments aproximats de la rentadora, assecadora i del rentavaixella de l'habitatge en programes estàndards de funcionament.

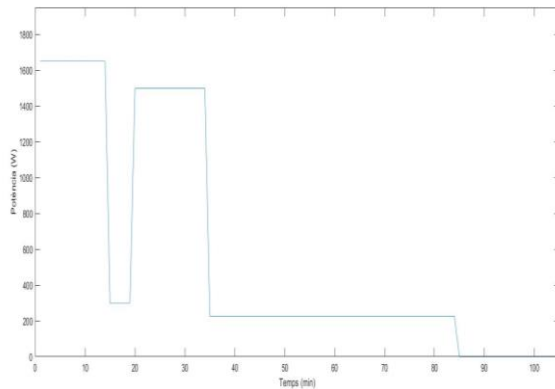


Figura 9-3 Perfil potència rentadora

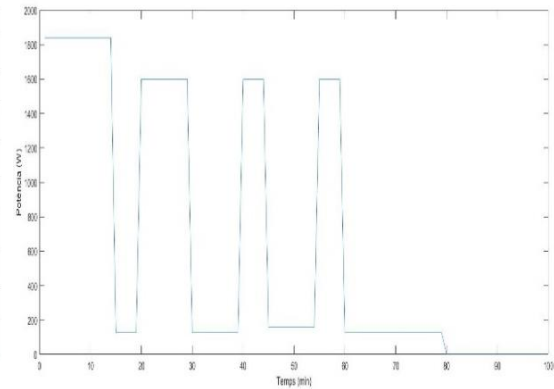


Figura 9-4 Perfil potència assecadora

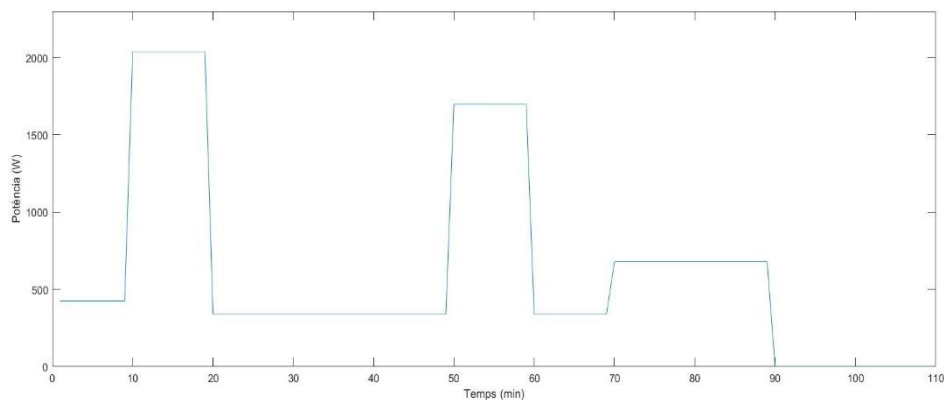


Figura 9-5 Perfil potència rentavaixella

Cal fer èmfasi a que en condicions normals no s'utilitzarà l'assecadora de roba ja que es disposa de lloc exterior per assecar-la i en la ubicació de l'immoble és habitual que faci bon temps. Només s'utilitzarà en dies de pluja i per tant no s'introduirà en les simulacions com una càrrega habitual de l'habitatge.

c) Bomba de calor del sòl radiant amb bombeig

La bomba de calor que escalfarà l'aigua del sòl radiant per climatitzar la casa s'ha modelitzat amb un perfil de potència estable al llarg de tot el dia suposant un dia de funcionament en què la casa ja ha estat escalfada prèviament (el 95% de dies de funcionament), pel que la potència que consumeix és notablement inferior a la seva potència nominal.

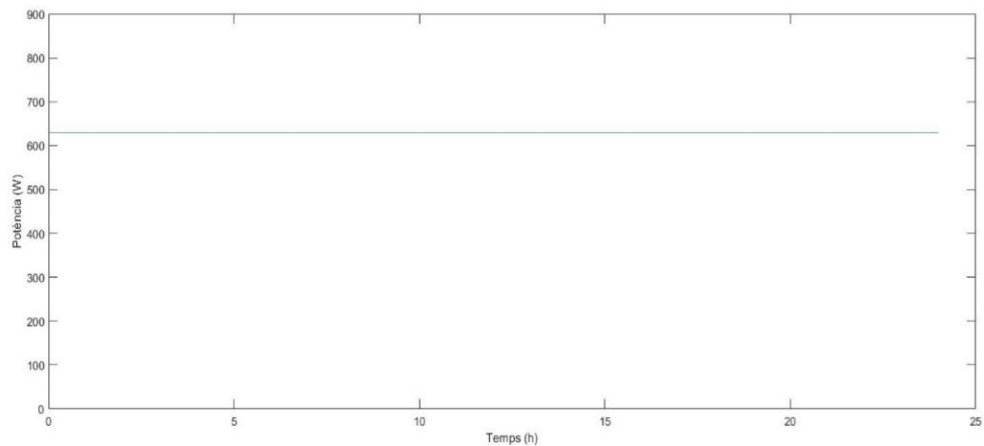


Figura 9-6 Perfil potència bomba de calor

d) Unitats d'aire condicionat

Per les unitats d'aire condicionat interiors i exteriors de l'habitatge que funcionaran a l'estiu s'han modelitzat els seus perfils de potència diaris segons la càrrega respecte la seva potència nominal i horaris típics de funcionament.

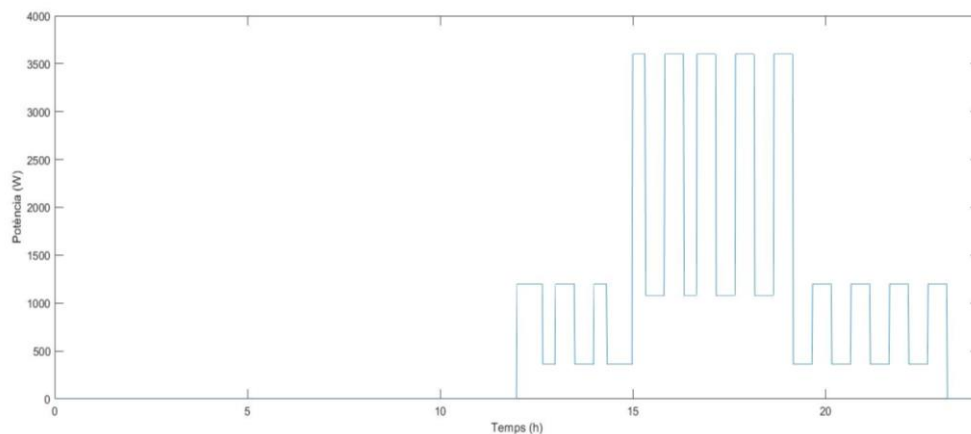


Figura 9-7 Perfil potència unitats d'aire condicionat

e) Placa inducció i forn

La placa d'inducció i el forn s'han modelitzat de manera que per cada aplicació diferent es poden modificar el seu temps de funcionament. Tot i això, el seu perfil de potència sempre tindrà el comportament que es mostra a continuació.

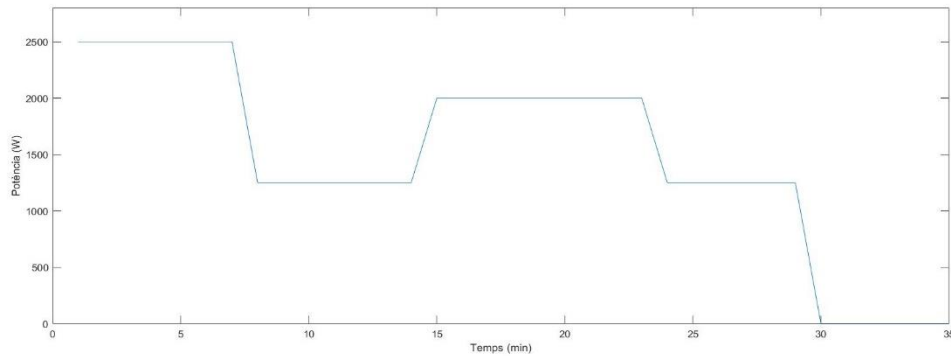


Figura 9-8 Perfil potència placa inducció

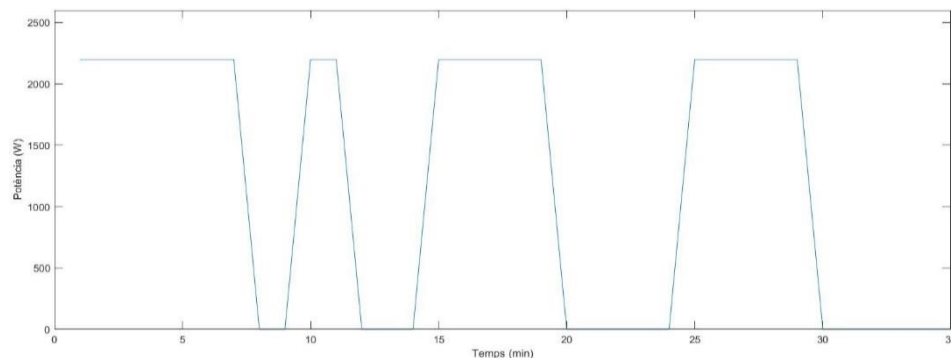


Figura 9-9 Perfil potència forn

f) Escalfador d'aigua calenta sanitària

S'ha decidit amb el promotor que l'escalfador d'aigua sanitària de l'habitatge es tractarà d'una bomba de calor de marca i model *Tecnatherm GRS-2.4* per ACS amb un acumulador de 270 litres que permet acumular l'aigua escalfada pel captador solar durant el dia. Pels casos en què no és suficient l'aigua escalfada pel captador solar, la bomba de calor permet escalfar l'aigua amb una potència de calefacció de 2400W quan el seu consum elèctric és de 685W. S'observa, per tant, que es tracta d'un aparell molt eficient energèticament i que juntament amb el captador solar es tindrà com a resultat un consum de l'habitatge per escalfar aigua calenta sanitària molt baix.

Modelo		GRS-2.4/D270ANbA-K
Capacidad Nominal Calefacción ⁽¹⁾	W	2400
Potencia Nominal Entrada ⁽¹⁾	W	685
Capacidad	L	270
Perfil Carga	-	XL
COP ⁽²⁾	W/W	2.58
Clase de Eficiencia de Energía ⁽²⁾	-	A
Eficiencia Energía Calentamiento Agua ⁽²⁾	-	105%
Consumo anual de electricidad (condiciones climáticas medias)	kWh	1594
Potencia de Entrada Máxima	W	1300+1500W(Calentador Eléctrico)
Temperatura de Salida del Agua	°C	Valores: 55°C, 35°C~70°C

Figura 9-10 Fitxa tècnica escalfador Tecnatherm GRS

9.1.3. Previsió del comportament dels habitants segons dia i època.

A l'habitatge d'estudi hi viurà un matrimoni amb 3 fills. Per poder fer una previsió acurada del consum elèctric cal estudiar la ocupació i comportament habitual de tots els membres.

A continuació es fa una breu descripció de tots els components de la família i els seus hàbits habituals per poder fer simulacions dels dies típics i el més realistes possible.

- **Pare:** Home de 45 anys, treballa de dilluns a divendres de 8h a 17h. Els dies laborables es lleva a les 7h per anar a la feina a les 7:45h. Quan arriba a les 17:30h acostuma a anar a fer esport fins les 20h, quan arriba sopa i passa unes hores mirant el televisor.
- **Mare:** Dona de 42 anys, treballa de dilluns a divendres de 9h a 14h. Els dies laborals es lleva a les 7h, va a la feina a les 8:45h i torna a casa a les 14:15h per preparar el dinar per ella i els fills.
- **Fill 1:** Nen de 16 anys, va a l'institut de 8h a 14h, pel que es lleva a les 7h. A les tardes després de dinar a casa té activitats extraescolars, quan arriba acostuma jugar a la consola.
- **Filla 2:** Nena de 13 anys, porta el mateix ritme de vida que el seu germà gran.
- **Filla 3:** Nena de 8 anys, va a l'escola de 9h a 14h. A les tardes està amb la mare a la casa. Acostuma a mirar bastantes hores al dia el televisor.

A més, la família contractarà una persona assistenta 4h diàries que realitzarà les tasques de la casa com són la neteja, serveis de bugaderia i ajudarà a preparar el menjar de la família.

9.1.4. Simulació i anàlisi del perfil de càrregues domèstiques.

Una vegada es coneixen tant els integrants de la família com els seus hàbits, es pot procedir a fer una simulació de consum elèctric d'un dia típic. Com que els consums de l'habitatge varien de si es tracta de l'hivern, estiu, dia laborable o no laborable, s'ha decidit fer una simulació per obtenir el perfil de consum domèstic pels quatre possibles casos.

Les simulacions s'han realitzat amb el software *Matlab* a partir de la suma de les corbes que s'han detallat anteriorment aplicant-les als horaris que s'utilitzarà cada càrrega. Per cada cas diferent es mostra prèviament en una taula tots els consums que s'han introduït en la simulació. En la mateixa taula es mostra el consum energètic diari de cada element que s'ha calculat amb el mateix software.

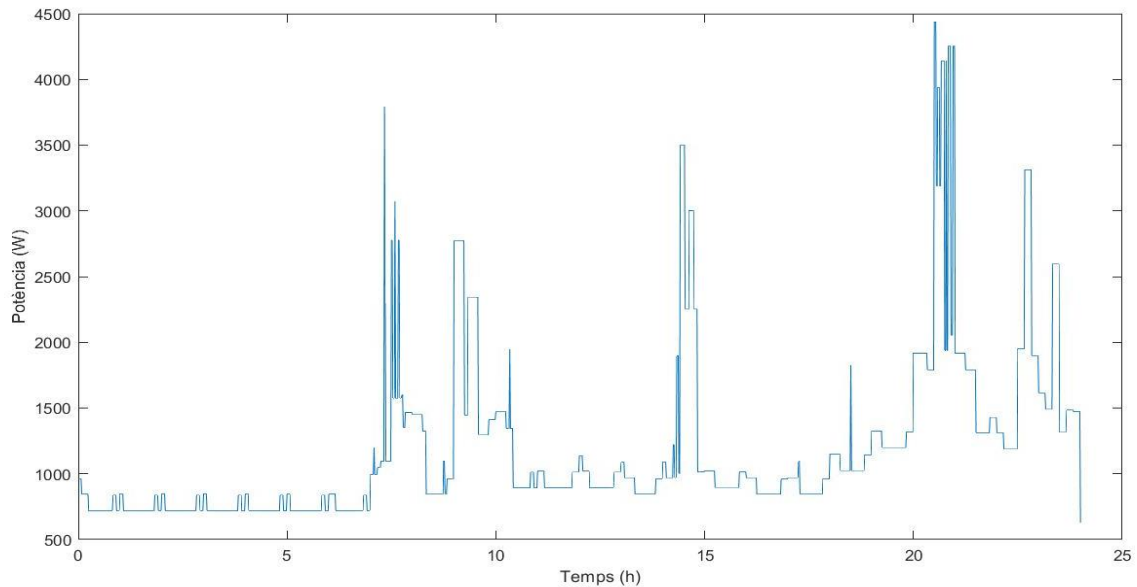
a) Hivern en dia laborable

Taula 9.2 Detall càrregues domèstiques i consum individual en hivern laborable

	Quant	Pot. (W)	StandBy (W)	Fact. Sim.	Fact. Ut.	Hora aprox.	Consum dia (Wh)
Llum LED	50	20	0	0,2 i 0,24	0,75 i 0,8	7h-8h, 18h-23h	1050
Rentadora	1	1500	0	1	-	9h	1250
Varis Neteja	1	500	0	0,2	0,5	10h-13h	150
Varis bany	1	500	0	0,5	0,7	7:15h-7:45h	87,5
Placa inducció	1	2500	0	1	-	14:25h-14:50h 20:30h-20:40h	1062,5
Forn	1	2200	0	1	-	20:40h-21h	476,667
Microones	1	1500	5	1	0,75	7:20h, 7:35h 14:20h	214,5
Frigorífic	1	140	0	1	-	0h-24h	974,167
Congelador	1	130	0	1	-	0h-24h	717,167
Rentavaixelles	1	1700	0	1	-	22:30h	1416,67
Cafetera	1	1200	0	1	1	7:20h, 7:30h, 7:40h	120
Varis cuina	1	300	0	0,7	0,5 i 0,7	14:20h-14:50h, 20:30h-21h	126
TV	5	100	8	0,2 i 0,2 i 0,4	0,6	7:10h-7:45h, 14:20h-14:50h, 20h- 23h	644,867
ACS	1	685	0	1	0,7	7:30h-8:20h, 20h- 21:30	1118,8
Motor persiana	20	100	0	0,1 i 0,3 i 0,4	1	7:05h, 10:20h, 18:30h	26,667
Motor porta entrada	1	250	0	1	1	7:45h, 8:45h, 14:15h, 17:15h	16,667
Motor porta garatge	1	250	0	1	1	7:46h, 8:46h, 14:16h, 17:16h	16,667
Calefacció	1	3500	0	1	-	0h-24h	15120

Taula 9.2 (Cont.) Detall càrregues domèstiques i consum individual en hivern laborable

	Quant	Pot. (W)	StandBy (W)	Fact. Sim.	Fact. Ut.	Hora aprox.	Consum dia (Wh)
Altres 1	1	200	0	0,5	0,5	0h-24h	1199,2
Altres 2	1	500	0	0,5	0,5	8h-22h	1750
Altres 3	1	500	0	0,5	0,7	19h-23:30h	787,5

**Figura 9-11** Perfil de consum diari en hivern laborable

- **Pic de potència màxima: 4,5 kW**

Taula 9.3 Consum elèctric dia d'hivern laborable

Període	Consum diari energia activa
Hores punta	13,108 kWh
Hores vall	15,218 kWh
Total dia	28,326 kWh

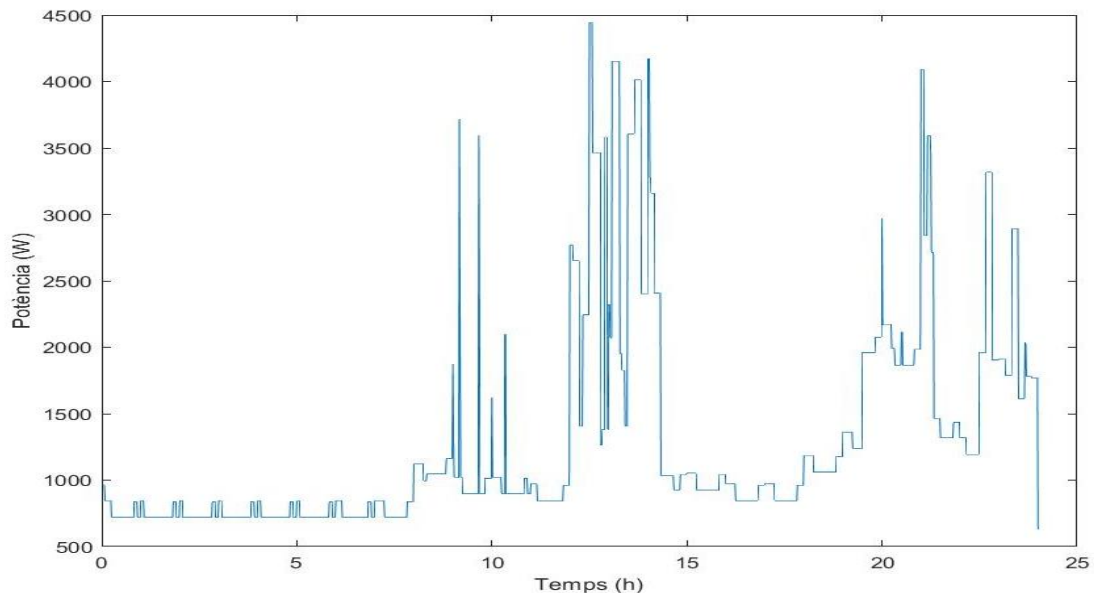
b) Hivern en dia no laborable

Taula 9.4 Detall càrregues domèstiques i consum individual en hivern no laborable

	Quant	Pot. (W)	StandBy (W)	Fact. Sim.	Fact. Ut.	Hora aprox.	Consum dia (Wh)
Llum LED	50	20	0	0,2 i 0,24	0,75 i 0,9	7h-8h 18h-23h	1446
Rentadora	1	1500	0	1	-	10h	1166,67
Varis bany	1	500	0	0,5	0,7	19:30h-20:15h	131,25
Placa inducció	1	2500	0	1	-	13:40h-14:20h 21h-21:20h	1775,03
Forn	1	2200	0	1	-	12:30-13:40h	1650

Taula 9.4 (Cont.) Detall càrregues domèstiques i consum individual en hivern no laborable

	Quant	Pot. (W)	StandBy (W)	Fact. Sim.	Fact. Ut.	Hora aprox.	Consum dia (Wh)
Microones	1	1500	5	1	0,75	9:10h 9:40h 14h	214,5
Frigorífic Congelador	1	140	0	1	-	0h-24h	974,167
	1	130	0	1	-	0h-24h	717,167
Rentavaixelles	1	1700	0	1	-	15:30h	1416,67
Cafetera	1	1200	0	1	1	9:10h 9:40h 10:20h	120
Varis cuina	1	300	0	0,7	0,5 i 0,7	13:40h-14:40h 21h- 21:30h	178,5
TV	5	100	8	0,2 i 0,3 i 0,4	0,6 i 0,6 i 0,9	8:20h-11h 13h-16h 20h-24h	904,533
ACS	1	685	0	1	0,7 i 0,8	13h-13:50 19:30h- 21h	1221,6
Motor persiana	20	100	0	0,3 i 0,3 i 0,4	1	9h 10h 20h	33,333
Motor porta entrada	1	250	0	1	1	9h 13h 20:30h 23:40h	16,667
Motor porta garatge	1	250	0	1	1	9:01h 13:01h 20:31h 23:41h	16,667
Calefacció	1	3500	0	1	-	0h-24h	15120
Altres 1	1	200	0	0,5	0,5	0h-24h	1199,2
Altres 2	1	500	0	0,5	0,5	8h-22h	1750
Altres 3	1	500	0	0,5	0,7	19h-23:30h	787,5


Figura 9-12 Perfil de consum diari en hivern no laborable

- Pic de potència màxima: 4,5 kW.

Taula 9.5 Consum elèctric dia d'hivern no laborable

Període	Consum diari energia activa
Hores punta	17,039 kWh
Hores vall	13,800 kWh
Total dia	30,839 kWh

c) Estiu en dia laborable**Taula 9.6** Detall càrregues domèstiques i consum individual en estiu laborable

	Quant	Pot. (W)	StandBy (W)	Fact. Sim.	Fact. Ut.	Hora aprox.	Consum dia (Wh)
Llum LED	50	20	0	0,2 i 0,24	0,75 i 0,8	7h-8h 21h-23h	410
Rentadora	1	1500	0	1	-	9h	1166,67
Varis Neteja	1	500	0	0,2	0,5	10h-13h	150
Varis bany	1	500	0	0,5	0,7	7:15h-7:45h	87,5
Placa inducció	1	2500	0	1	-	14:25h-14:50h 20:40h-20:55h	754,167
Forn	1	2200	0	1	-	21h-21:20h	476,667
Microones	1	1500	5	1	0,75	7:20h 7:35h 14:20h	214,5
Frigorífic	1	140	0	1	-	0h-24h	974,167
Congelador	1	130	0	1	-	0h-24h	717,167
Rentavaixelles	1	1700	0	1	-	22:30h	1416,67
Cafetera	1	1200	0	1	1	7:20h 7:30h 7:40h	120
Varis cuina	1	300	0	0,7	0,5 i 0,7	14:20h-14:50h 20:40h-21:30h	175
TV	5	100	8	0,2 i 0,2 i 0,4	0,6	7:10h-7:45h 14:20h- 14:50h 20h-23h	644,867
Motor persiana	20	100	0	0,1 i 0,3 i 0,4	1	7:05h 10:10h 21h	26,667
Motor porta entrada	1	250	0	1	1	7:45h 8:45h 14:15h 17:15h	16,667
Motor porta garatge	1	250	0	1	1	7:46h 8:46h 14:16h 17:16h	16,667
Bombeig piscina	1	600	0	1	1	19h-22h	1800
AC	5	1200	0	0,2 i 0,6	-	12h-23:10h	15840
Altres 1	1	200	0	0,5	0,5	0h-24h	1199,2
Altres 2	1	500	0	0,5	0,5	8h-22h	1750
Altres 3	1	500	0	0,5	0,7	19h-23:30h	787,5

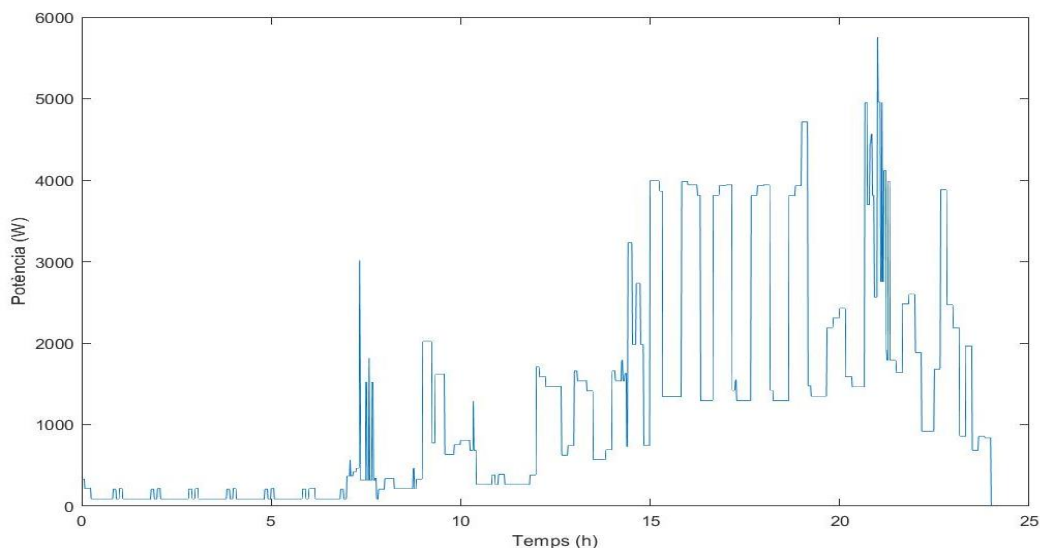


Figura 9-13 Perfil de consum diari en estiu laborable

- Pic de potència màxima: 5,8 kW.

Taula 9.7 Consum elèctric dia d'estiu laborable

Període	Consum diari energia activa
Hores punta	23,122 kWh
Hores vall	6,068 kWh
Total dia	29,190 kWh

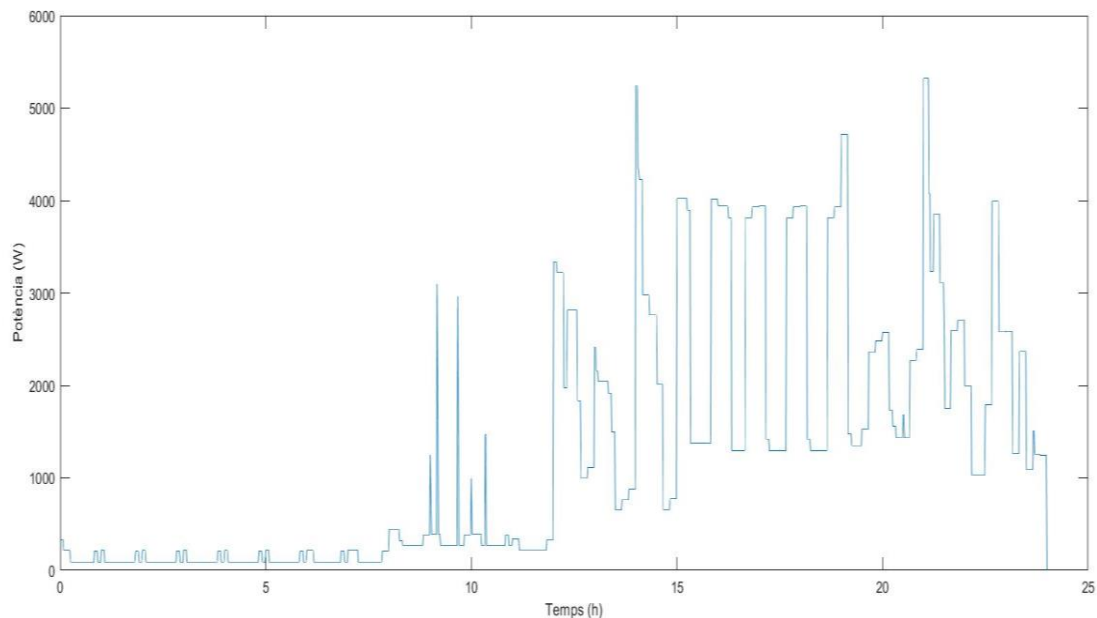
d) Estiu en dia no laborable

Taula 9.8 Detall càrregues domèstiques i consum individual en estiu no laborable

	Quant	Pot. (W)	StandBy (W)	Fact. Sim.	Fact. Ut.	Hora aprox.	Consum dia (Wh)
Llum LED	50	20	0	0,14 i 0,32	0,75 i 1	8h-8:20h 21h-24h	995
Rentadora	1	1500	0	1	-	12h	1166,67
Varis bany	1	500	0	0,5	0,7	19:30h-20:15h	131,2
Placa inducció	1	2500	0	1	-	14h-14:40h 21h-21:30h	2083,367
Microones	1	1500	5	1	0,75	9:10h 9:40h 14h	214,5
Frigorífic	1	140	0	1	-	0h-24h	974,167
Congelador	1	130	0	1	-	0h-24h	717,167
Rentavaixelles	1	1700	0	1	-	16h	1416,67
Cafetera	1	1200	0	1	1	9:10h 9:40h 10:20	120
Varis cuina	1	300	0	0,5	0,7	13:40h-14:40h 21h-21:30h	157,5

Taula 9.8 (Cont.) Detall càrregues domèstiques i consum individual en estiu no laborable

	Quant	Pot. (W)	StandBy (W)	Fact. Sim.	Fact. Ut.	Hora aprox.	Consum dia (Wh)
TV	5	100	8	0,2 i 0,3 i 0,2	0,6 i 0,6 i 0,9	8:20-11h 13h-16h 20h-24h	904,533
Motor persiana	20	100	0	0,3 i 0,3 i 0,4	1	9h 10h 21:30h	33,333
Motor barrera entrada	1	250	0	1	1	9h 13h 20:30h 23:40h	16,667
Motor porta garatge	1	250	0	1	1	9:01h 13:01h 20:31h 23:41h	16,667
Bombeig piscina	1	600	0	1	1	19h-22h	1800
AC	5	1200	0	0,2 i 0,6	-	12h-23:10h	15840
Altres 1	1	200	0	0,5	0,5	0h-24h	1199,2
Altres 2	1	500	0	0,5	0,5	8h-22h	1750
Altres 3	1	500	0	0,5	0,7	19h-23:30h	787,5


Figura 9-14 Perfil de consum diari en estiu no laborable

- Pic de potència màxima: 5,2 kW.

Taula 9.9 Consum elèctric dia d'estiu no laborable

Període	Consum diari energia activa
Hores punta	24,173 kWh
Hores vall	6,151 kWh
Total dia	30,324 kWh

9.2. Prioritat de les càrregues de l'habitatge.

Per poder implementar el sistema de gestió d'energia i dissenyar-lo de manera que actuï adequadament, es realitza un estudi de prioritats de les càrregues per poder contemplar l'aplicació de polítiques energètiques que contemplin la desconexió o bé el desplaçament horari de les càrregues menys importants de l'habitatge en determinats casos.

Per decidir si la càrrega és prioritària o no, es pren com a criteri que si modificant el seu funcionament els membres de la família poden seguir amb la seva planificació diària (en condicions normals) i gaudir de la mateixa comoditat o no. Tot i que es defineixi una càrrega com a no prioritària, hi pot haver casos excepcionals en què es faci ús d'aquesta en un moment que no és el més òptim, aquests casos no es consideren en l'estudi ni en simulacions.

Taula 9.10 Prioritat de les càrregues

Càrrega	Prioritària	Observacions
Il·luminació LED	Sí	
Rentadora	No	Generalment es pot utilitzar en qualsevol moment del dia i es pot desconnectar si cal
Assecadora	No	Generalment es pot utilitzar en qualsevol moment del dia i es pot desconnectar si cal
Varis neteja	No	Generalment es pot utilitzar en qualsevol moment del dia
Placa Inducció	Sí	
Forn	Sí	
Frigorífic amb congelador	Sí	
Congelador	Sí	
Microones	Sí	
Cafetera	Sí	
Rentavaixelles	No	Generalment es pot utilitzar en qualsevol moment del dia i es pot desconnectar si cal
Varis cuina	Sí	
Escalfador d'aigua elèctric	No	Es pot controlar perquè no funcioni a determinades hores i es pot desconnectar si cal
Varis bany	Sí	
Motors de persianes	Sí	
Motor porta garatge	Sí	
Motor barrera entrada	Sí	
Bomba de calor per calefacció	Sí	
TV	Sí	

Taula 9.10 (Cont.) Prioritat de les càrregues

Càrrega	Prioritària	Observacions
Bombes pel bombeig de la piscina	No	Generalment es pot utilitzar en qualsevol moment i es pot desconnectar si cal
Unitats d'aire condicionat	Sí	Permet modificar lleugerament horari de funcionament
Miscel·lània	Sí	

9.3. Determinació de l'arquitectura de la micro-xarxa.

El disseny de la micro-xarxa de l'habitatge comença per definir la seva arquitectura, aquesta arquitectura, juntament amb una bona selecció d'elements de conversió i gestió de l'energia elèctrica, ha de permetre que es puguin dur a terme tots els fluxos de potència que es desitgen a la micro-xarxa i són possibles físicament, aquests s'han determinat anteriorment a l'apartat 2.3.

Partint del diagrama que s'ha detallat on es mostren tots els possibles camins de potència i la seva direcció dintre de la micro-xarxa (apartat 2.3), així com de les estructures més típiques de disseny i d'analitzar les avantatges i desavantatges de totes les configuracions possibles (apartat 2.2), es decideix implementar en la micro-xarxa una arquitectura de busos en corrent continu i altern connectats entre sí per maximitzar el control de la micro-xarxa. Tot i això, es decideix que no s'alimentaran càrregues en corrent continu ja que avui en dia totes les càrregues domèstiques es troben en corrent altern i suposaria una complexitat tècnica que no resultaria viable tot i que podria arribar a millorar l'eficiència global del sistema (per exemple, s'hauria de duplicar la instal·lació elèctrica de l'habitatge per disposar de connexions de corrent altern i continu). D'aquesta manera, el bus de DC connectarà els panells fotovoltaics i bateries, mentre que el bus de AC és l'encarregat de connectar la xarxa i les càrregues domèstiques. Ambdós busos quedaran connectats amb un convertidor de potència que permetrà transferir energia d'un bus a l'altre segons les necessitats.

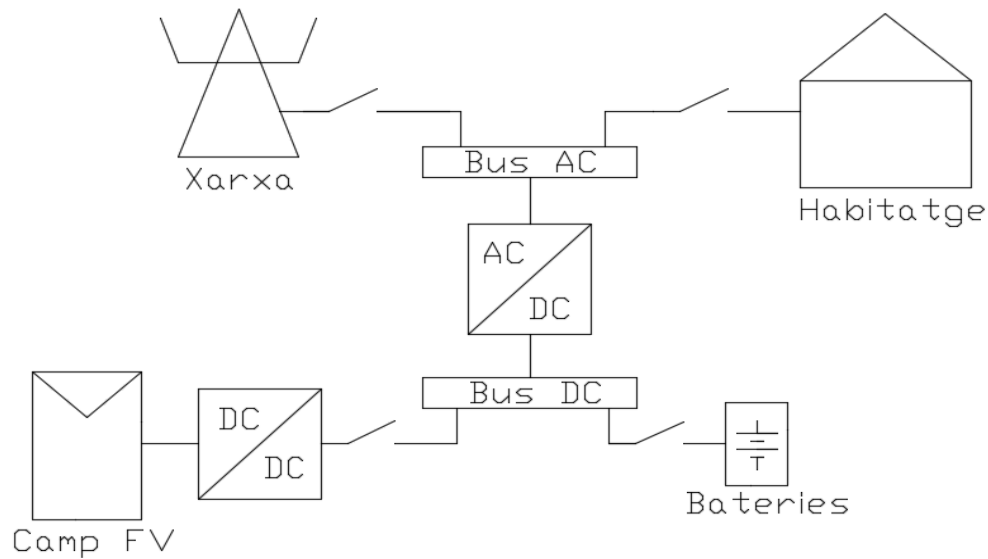


Figura 9-15 Arquitectura micro-xarxa habitatge. Font pròpia

En la distribució dels elements que s'ha definit es mostren tots els convertidors estàtics d'energia necessaris per poder adaptar i sincronitzar totes les tensions en tots els punts de la micro-xarxa. Tot i que l'esquema elèctric de la connexió ha de ser com el mostrat, avui en dia hi ha opcions al mercat que permeten que un únic convertidor estàtic adjunti en un únic mòdul totes les conversions d'energia necessàries (popularment conegut com convertidor fotovoltaic amb connexió a xarxa), de manera que es facilita molt notòriament la seva instal·lació i programació. En contra, acostumen a tenir una programació més limitada.

La regulació dels fluxos de potència dintre de la micro-xarxa vindrà determinat a partir del sistema de gestió d'energia que caldrà programar, aquest podrà estar integrat en els mateixos sistemes de conversió o bé a partir d'una anella d'interruptors acoblats al sistema i controlats per un sistema de control extern.

10. DISSENY DEL SISTEMA DE GESTIÓ D'ENERGIA

10.1. Escenaris de disseny.

El punt de partida pel disseny del sistema de gestió d'energia de la micro-xarxa és que donat l'habitatge, el seu consum d'energia produït per les seves càrregues i implementant un sistema de generació d'energia fotovoltaica, es redueixi el seu consum energètic però sense limitar l'ús de les càrregues de la vivenda, és a dir, que les mesures implementades no afectin el comportament habitual dels residents de la casa. A més, la instal·lació no podrà abocar energia excedentària a la xarxa de distribució ja que s'ha determinat que s'acollirà a la modalitat d'autoconsum sense excedents.

Per assolir l'objectiu de reduir l'impacte ambiental i a la vegada abaratir costos en la factura elèctrica de l'habitatge, es segueix un procediment iteratiu provant diferents mesures d'actuació possibles contemplant diferents escenaris i finalment escollint aquelles que produeixin el resultat tècnicament, econòmicament i energèticament més òptim. Per tant, la metodologia a seguir és la especificada en la normativa ISO 50001.

El mètode de treball que es duu a terme per determinar el disseny òptim del sistema és comparar els resultats de diferents simulacions de diferents escenaris realitzades amb el software *Matlab* a partir de codis de programació propis que contemplen diferents configuracions tant del costat de generació com del costat de demanda de la micro-xarxa. Els diferents escenaris que es contemplen modifiquen tant els paràmetres de la micro-xarxa com les polítiques de gestió de l'energia elèctrica de la micro-xarxa, que tractaran de que estiguin en màxima sintonia l'energia produïda pel generador fotovoltaic amb les càrregues de l'habitatge. Els paràmetres que es varien són per poder analitzar el comportament del sistema amb diferents potències de panells fotovoltaics, amb diferents capacitats del sistema d'emmagatzematge, diferents tarifes elèctriques adoptades, etc.

Les simulacions es realitzen suposant un sistema de distribució així com d'emmagatzematge ideals, la durada de les simulacions és de 24h i amb una resolució minutal (en total s'obtenen 1440 mostres de cada paràmetre variable al llarg del dia per cada simulació). Els valors de radiació solar i producció fotovoltaica que s'introdueixen a les simulacions són valors mitjans per cada mes obtinguts a partir de la base de dades del software *PVSyst* suposant panells fotovoltaics estàndards. Els perfils de consum diari que es contemplen són els que s'han determinat anteriorment (apartat 9.1.4)

Els paràmetres que s'obtenen amb les simulacions són valors com ara l'energia total consumida, l'energia total generada, el nivell de càrrega de les bateries en cada instant del dia, els fluxos de potència del sistema per cada instant... A partir de tota la informació obtinguda en les simulacions, és possible prendre les decisions més adients a l'hora de decidir tots els aspectes de la micro-xarxa.

10.2. Implementació de polítiques energètiques

10.2.1. Polítiques energètiques al costat de generació

Per determinar les polítiques energètiques que dictaran el funcionament del sistema de gestió d'energia de la micro-xarxa, es contempla un funcionament que tingui com a objectiu maximitzar l'ús d'energia solar fotovoltaica produïda i que permeti obtenir uns fluxos de potència adequats en el sistema minimitzant l'ús d'energia absorbida de la xarxa, aquesta s'utilitzarà únicament per satisfer directament la demanda de les càrregues de l'habitatge.

Anteriorment, en el punt 2.3. s'han estudiat totes les possibles combinacions d'interacció d'energia entre els diferents elements de la micro-xarxa i s'han mostrat aquelles que són possibles físicament. Tot i això, segons la necessitat de la micro-xarxa i la gestió d'energia que es decideixi implementar, hi ha certes combinacions que tot i ser possibles físicament, no són viables o bé no interessen. Per tant, es determinen els següents nivells de prioritat que tenen tots els elements de la micro-xarxa a l'hora d'absorbir o injectar energia.

Taula 10.1 Prioritat dels fluxos de potència

PRIORITAT	INJECCIÓ D'ENERGIA	ABSORCIÓ D'ENERGIA
Màxima	Panells Fotovoltaics	Càrregues
Mitja	Bateries	Bateries
Mínima	Xarxa	

Seguint aquesta taula de prioritats, es passa a estudiar l'interès de totes les possibles combinacions per poder procedir a elegir les polítiques energètiques que guiaran la gestió d'energia de l'habitatge.

Per la següent taula es segueix el mateix criteri de signes que s'havia utilitzat per explicar els fluxos de potència (1 = absorbeix potència de la micro-xarxa, -1 = injecta energia a la micro-xarxa i 0 = desenergitzat o desconnectat).

Taula 10.2 Anàlisi dels possibles fluxos de potència en la micro-xarxa

Xarxa	Bateria	Càrrega	FV	Interessa? Per què?
1	1	1	-1	No, no es contempla la injecció de potència elèctrica de la micro-xarxa a la xarxa
1	1	0	-1	
1	0	1	-1	
1	0	0	-1	
1	-1	1	-1	
1	-1	1	0	
1	-1	0	-1	
1	-1	0	0	
0	1	1	-1	Sí, interessa carregar les bateries i alimentar càrregues amb energia fotovoltaica

Taula 10.2 (Cont.) Anàlisi dels possibles fluxos de potència en la micro-xarxa

Xarxa	Bateria	Càrrega	FV	Interessa? Per què?
0	1	0	-1	Sí, interessa carregar bateries amb energia fotovoltaica.
0	0	1	-1	Sí, interessa alimentar càrregues amb energia fotovoltaica
0	-1	1	-1	Sí, en casos que hi ha suficient energia emmagatzemada i la generada no satisfà tota la demanda
0	-1	1	0	Sí, interessa alimentar càrregues a partir de bateries i no de la xarxa en casos que hi ha suficient energia emmagatzemada
-1	1	1	-1	No, no interessa carregar bateries a partir d'energia de la xarxa
-1	1	1	0	No, no interessa carregar bateries a partir d'energia de la xarxa
-1	1	0	-1	No, no interessa carregar bateries a partir d'energia de la xarxa
-1	1	0	0	No, no interessa carregar bateries a partir d'energia de la xarxa
-1	0	1	-1	Sí, pels casos en què la producció fotovoltaica no és suficient i no es disposa de suficient energia emmagatzemada
-1	0	1	0	Sí, pels casos en què no es té generació fotovoltaica ni energia emmagatzemada
-1	-1	1	-1	Sí, pels casos en què la potència demandada és molt gran
-1	-1	1	0	Si, pels casos en què la demanda és superior a la que poden subministrar les bateries i no es disposa de generació fotovoltaica

A partir de totes les combinacions de fluxos de potència que resulten interessants, s'ha decidit que la política energètica que dictarà el funcionament del sistema de gestió d'energia de la micro-xarxa per decidir els fluxos de potència en cada instant serà un *Peak Shaving*. El funcionament del *Peak Shaving* s'ha definit anteriorment i es resumeix en el següent diagrama:

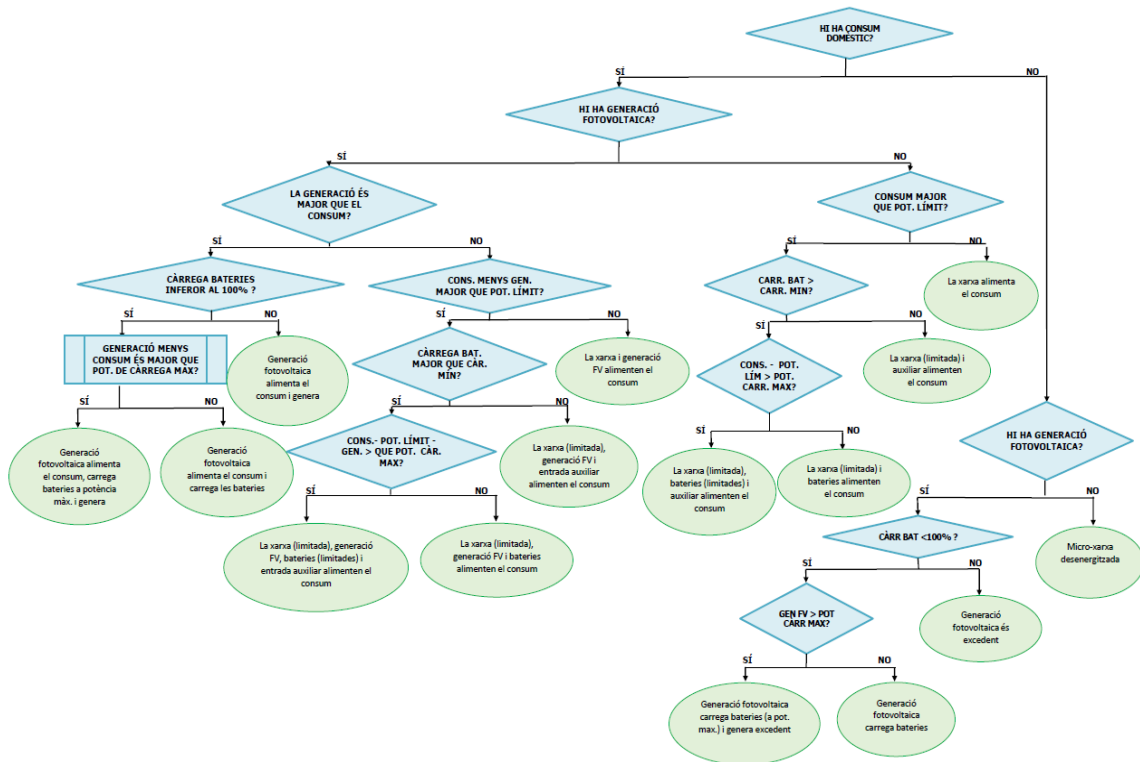


Figura 10-1 Algorisme funcionament EMS elegit. Font pròpia (Detall a l'Annex)

S'observa que es consideren com a paràmetres que marquen el funcionament del sistema el nivell de càrrega mínima de les bateries, això és perquè per molts tipus de bateries, profundes descàrregues les perjudiquen molt notablement. També es considera un valor de potència de càrrega i descàrrega de les bateries màxima, això és perquè una elevada potència sobreescalfaria molt les bateries i les perjudicaria. A més, el terme Pot. Lím. es refereix a la potència límit establerta en el *peak shaving*, i l'auxiliar és un dèficit d'energia que es produeix en determinades ocasions.

La dificultat que aporta aquest funcionament és determinar el valor límit de potència absorbida de la xarxa, ja que un nivell molt alt portarà un sistema que quasi no farà ús de l'energia fotovoltaica, però, un nivell massa baix consumirà tota l'energia fotovoltaica i llavors el sistema quedarà, en termes energètics, molt limitat.

Cal fer especial èmfasi als casos marcats on el sistema té un dèficit d'energia per satisfer la potència de les càrregues de l'habitatge. Per aquests casos la solució que s'acostuma prendre és instal·lar un grup electrogen auxiliar a la micro-xarxa que aporti aquest dèficit de potència. Pel cas particular de la micro-xarxa, instal·lar un grup electrogen no es contempla ja que s'incompliria el requisit principal de reduir l'impacte ambiental de la vivenda a partir de l'ús d'energia renovable. Per tant, les opcions més viables són deixar un marge entre la potència límit configurada del *peak shaving* i la contractada a la companyia subministradora, de manera que en casos que el sistema tingui un dèficit d'energia es pugui absorbir més potència de la xarxa que la definida pel valor límit del *peak shaving* per poder satisfer tota la demanda energètica de

l'habitatge. Aquesta energia es podrà absorbir de la xarxa incrementant el valor de la potència límit del *peak shaving* o bé a partir d'una entrada d'energia auxiliar de la micro-xarxa (molt comú en els convertidors d'energia disposar d'aquestes entrades, generalment destinades a connectar-hi grups electrògens). En el disseny dels sistemes de gestió i de conversió d'energia de la micro-xarxa es determina la solució escollida per aquest cas particular després d'analitzar els possibles dèficits d'energia del sistema.

Amb el funcionament del sistema de gestió que s'ha elegit i si se'n fa un ús amb una adequada potència límit, el sistema habitualment disposarà d'energia fotovoltaica (directament dels panells o bé emmagatzemada a les bateries) en les hores punta, per aquest motiu, el consum d'electricitat de la xarxa de distribució en aquestes hores serà mínim i per tant es té la oportunitat de considerar les tarifes amb discriminació horària per l'habitatge i aprofitar els seus beneficis.

10.2.2. Polítiques energètiques al costat de demanda.

Una vegada es té definida una gestió adequada de l'energia del costat de generació de la micro-xarxa, es pot procedir a actuar en el costat de la demanda d'energia elèctrica, de manera que s'aconsegueixi reduir tant l'energia excedent (energia fotovoltaica generada que no es pot aprofitar en la micro-xarxa ni injectar a la xarxa) com l'electricitat absorbida de la xarxa i la manera en què aquesta és absorbida.

Els punts més importants on cal actuar per millorar el comportament energètic de la vivenda són els següents:

- Reduir l'energia produïda que no es pot aprofitar en la micro-xarxa (energia excedent), això permet aprofitar al màxim l'energia generada i per tant reduir tant el consum d'electricitat de la xarxa com fer un ús més optimitzat del sistema d'emmagatzematge.
- Reduir els pics de potència que s'absorbeix de la xarxa (per poder tenir una potència contractada baixa i abaratir la factura elèctrica).
- Intentar que el màxim consum d'electricitat de la xarxa sigui en hores vall per aprofitar les tarifes amb discriminació horària.

La política energètica que resulta més interessant aplicar és el *Load Shifting*: desplaçament del temps de funcionament de càrregues que pel seu nivell de prioritat ho permeten. El fet que resulta interessant d'aquesta política és que si s'aplica correctament, permet obtenir un perfil de la potència absorbida de la xarxa amb *Peak Clipping* i *Valley Filling*.

A més, com a complement del *Load Shifting* també resulta interessant aplicar al sistema una política de *Load Shedding*: desconexió de determinades càrregues no prioritàries per casos en què hi ha dèficit de potència en el sistema o bé es sobrepassen els valors màxims establerts de potència. Aquesta desconexió s'aplica únicament a les següents càrregues de l'habitatge:

- Rentavaixelles
- Escalfador elèctric d'aigua
- Assecadora (pels particulars casos en què s'utilitzi)
- Rentadora
- Bombeig de la piscina

Les mesures que s'implementen per dur a terme el *Load Shifting* es basen en que pels dies amb suficient radiació solar es distribueixin les càrregues no prioritàries a les hores de major radiació solar, d'aquesta manera s'aproximen en tot el que és possible el perfil de les corbes de generació fotovoltaica i els perfils de consum domèstic, d'aquesta manera es permet maximitzar l'ús de l'energia fotovoltaica i es poden millorar els tres punts explicats.

Pels dies de poca radiació solar i per tant, dies en que el nivell de càrrega de les bateries es mantindrà més baix, com que s'utilitzarà majoritàriament energia de la xarxa, s'intentarà distribuir les càrregues no prioritàries en les hores vall perquè el preu de l'electricitat sigui més baix i procurant no sobrepassar la potència màxima contractada. Aquest cas no es considera en les simulacions que es realitzen més endavant ja que es fa l'estudi majoritàriament pels valors de radiació horària mitjana del mes i no és habitual tenir molts dies amb poca radiació a la ubicació de l'habitatge.

a) Desplaçament de càrregues en hivern laborable

Taula 10.3 Load shifting en hivern laborable

Càrrega	Horari habitual	Horari desplaçat
Rentadora	09:00h	10:00h
Varis neteja	10:00h-13:00h	11:00h-14:00h
Rentavaixelles	22:30h	15:30h

b) Desplaçament de càrregues en hivern no laborable

Taula 10.4 Load shifting en hivern no laborable

Càrrega	Horari habitual	Horari desplaçat
Rentadora	12:00h	14:00h
Rentavaixelles	22:30h	15:30h

c) Desplaçament de càrregues en estiu laborable

Taula 10.5 Load shifting en estiu laborable

Càrrega	Horari habitual	Horari desplaçat
Rentadora	09:00h	13:00h
Varis neteja	10:00h-13:00h	11:00h-14:00h
Rentavaixelles	22:30h	15:00h
Unitats aire condicionat	12:00h-23:10h amb més càrrega de 15h a 19h	Més càrrega de 12:00h a 16:00h
Bombeig de piscina	19:00h-22:00h	12:30h-15:30h

d) Desplaçament de càrregues en estiu no laborable**Taula 10.6** Load shifting en estiu no laborable

Càrrega	Horari habitual	Horari desplaçat
Rentadora	12:00h	13:00h
Rentavaixelles	22:30h	15:00h
Unitats aire condicionat	12:00h-23:10h amb més càrrega de 15h a 19h	Més càrrega de 12:30h a 16:30h
Bombeig de piscina	19:00h-22:00h	15:00h-18:00h

10.3. Simulacions de diferents escenaris de la micro-xarxa per definir els seus paràmetres i funcionament.

A partir del codi generat amb el software *Matlab* (s'adjunta el codi de programació generat a l'annex), en el que s'ha modelitzat la micro-xarxa i es permet simular el funcionament d'aquesta aplicant totes les polítiques energètiques i que permet veure els diferents comportaments de la micro-xarxa variant els seus paràmetres, es pot determinar la capacitat òptima dels diferents sistemes de la micro-xarxa, així com fer una aproximació al cost econòmic de la implementació del sistema de generació fotovoltaic i contemplar l'estalvi mensual que suposaran totes les mesures implementades.

A continuació s'han plantejat diversos escenaris per analitzar el comportament de la micro-xarxa i comparar-lo amb el consum elèctric de l'habitatge en el cas que no disposés ni de generació fotovoltaica ni de mesures d'optimització energètica.

Totes les simulacions es realitzen únicament pels casos de dies laborables d'hivern (es fa amb dades de radiació del desembre per ser el mes més desfavorable en radiació solar) i d'estiu (es fa pel juny per ser el mes més favorable en radiació solar), ja que es suposa que són els dies més representatius de l'any. A més, a mesura que es van analitzant els diferents escenaris es prenen diferents hipòtesis que a no ser que es digui el contrari, es prenen també com a vàlides en les següents simulacions.

És important destacar que per totes les simulacions s'ha suposat un funcionament de la micro-xarxa sense pèrdues elèctriques, pel que els resultats obtinguts són orientatius per la presa de decisions dels elements i funcionament del sistema.

10.3.1. Escenari 1: Habitatge sense generació fotovoltaica ni optimització.

Per aquest escenari, es prenen els mateixos perfils de consum domèstic per cada dia diferent que s'han presentat anteriorment, i com que per aquest cas el sistema no disposa de generació

fotovoltaica ni sistemes d'optimització, el perfil de potència de l'energia elèctrica absorbida de la xarxa tindrà el mateix perfil que el del consum domèstic.

A partir d'aquests perfils de consum per dies laborables de desembre i juny s'ha calculat el cost de la factura elèctrica per aquests mesos, suposant que el mes són 30 dies iguals que l'estudiat i prenent els següents preus obtinguts a partir d'analitzar factures elèctriques dels darrers mesos de diversos habitatges de les Illes Balears, per prendre uns preus el més realistes possible.

- Preu energia consumida sense discriminació horària: 0,146795 €/kWh
- Preu per potència contractada: 0,134155 €/kW per dia
- Altres imports: +5,5%
- IVA: +21%

Suposant una potència contractada de 7kW i una tarifa sense discriminació horària, s'ha obtingut el següent import de les factures pels mesos de desembre i juny:

- **Preu factura Desembre: 195,20€**
- **Preu factura Juny: 194,66€**

Per calcular el cost anual d'electricitat de la casa, es suposa que per tots els mesos d'hivern l'import és igual que al desembre i que per tots els mesos d'estiu l'import és igual que al juny. D'aquesta manera, l'import anual a pagar per les factures elèctriques de l'habitatge és el següent:

- ✓ **Import anual total en factures elèctriques sense generació fotovoltaica ni optimització de la micro-xarxa: 1560,62€**

10.3.2. Escenari 2: Micro-xarxa amb *load shifting* i amb tarifes amb discriminació horària amb generació fotovoltaica.

Per aquest escenari s'aplica la política de desplaçament de càrregues que s'ha detallat anteriorment, es suposa la micro-xarxa amb les següents característiques:

- Potència fotovoltaica instal·lada: 6 kW
- Capacitat total de les bateries: 15 kWh
- Nivell de càrrega mínima de les bateries (SoC límit): 50%
- Potència de càrrega i descàrrega màxima de bateries: 3500 W
- Potència límit del *peak shaving*: 500 W
- Potència generada mínima perquè funcioni l'inversor: 100 W
- Potència elèctrica contractada: 3 kW
- Preu energia consumida sense discriminació horària: 0,146795 €/kWh
- Preu energia consumida en hora punta: 0,158 €/kWh
- Preu energia consumida en hora vall: 0,08 €/kWh

- IVA i altres imports de la factura elèctrica iguals que en escenari anterior.

Tots els valors establerts de la micro-xarxa (potència fotovoltaica, capacitat de les bateries, etc.), són únicament paràmetres suposats per aquest exemple per obtenir un resultat representatiu i que seria similar suposant altres configuracions de la micro-xarxa.

Per aquestes simulacions, a més, s'aprofita per estudiar el cost de la factura elèctrica suposant tarifes amb discriminació horària o sense, per decidir si és rentable per aquest habitatge.

Els resultats obtinguts es detallen en la següent taula:

Taula 10.7 Resultats simulacions escenari 2

	Hivern (Desembre)		Estiu (Juny)	
	Load Shifting	No Load Shifting	Load Shifting	No Load Shifting
Import factura amb DH	57,377 €	60,05 €	36,62 €	50,22 €
Import factura sense DH	75,29 €	82,346 €	38,07 €	58,57 €
Pic màxim pot. Xarxa	3700 W	3700 W	1600 W	3800 W
Energia excedent diària	0,892 kWh	2,12 kWh	10,655 kWh	13,215 kWh
SoC bateries inici i fi dia	58 %	51 %	69 %	50 %

A partir dels resultats es veu com el sistema té un comportament més òptim quan s'aplica el *Load Shifting* a les càrregues no prioritàries de la vivenda.

El bon comportament es justifica que tant a l'estiu com a l'hivern quan s'aplica el desplaçament de càrregues el nivell de càrrega de les bateries al final del dia s'estabilitza en un valor més alt (imposant el mateix nivell de càrrega a l'inici del dia), pel que es pot ajustar la capacitat de les bateries a instal·lar i per tant reduir la inversió inicial. En ambdós casos es redueix l'energia excedent del sistema, indicador de que aplicant un desplaçament de càrregues es millora l'eficiència de la micro-xarxa.

En quant a termes econòmics, contractant tarifes amb discriminació horària s'assoleix un considerable estalvi mensual, pel que es pren la decisió de que l'habitatge contractarà tarifes elèctriques amb discriminació horària.

Finalment, les conclusions que s'obtenen a partir d'aquestes simulacions són:

- ✓ És rentable contractar tarifes amb discriminació horària.
- ✓ El desplaçament de càrregues en la vivenda millora el seu comportament energètic, així com l'eficiència energètica de la micro-xarxa.

10.3.3. Escenari 3: Micro-xarxa sense sistema d'emmagatzematge

Tot i que ja s'ha introduït que la micro-xarxa de l'habitatge disposarà d'un sistema d'emmagatzematge a partir de bateries per maximitzar l'eficiència de la instal·lació, a

continuació es simula el funcionament de la micro-xarxa sense sistema d'emmagatzematge per demostrar que la inversió inicial de l'equip de bateries surt rentable.

Es prenen els següents valors per aquesta simulació:

- Potència fotovoltaica instal·lada: 6 kW
- Potència generada mínima perquè funcioni l'inversor: 100 W
- Potència elèctrica contractada: 7 kW
- Cost aproximat de la inversió de bateries: 0,16 €/Wh
- Preu electricitat igual que en escenaris anteriors.

Els resultats obtinguts més rellevants per l'estudi són:

- **Import factura Desembre amb discriminació horària: 116,79€**
- **Import factura Juny amb discriminació horària: 119,11€**
- **Augment cost anual respecte escenari anterior amb *Load Shifting*: 851,4€/any**
- **Estalvi en la inversió inicial per no instal·lar bateries (15kWh) : 2400€**
- **Energia excedent diària en Desembre: 8,52 kWh**
- **Energia excedent diària en Juny: 21,19 kWh**

Coneixent l'increment anual aproximat en l'import total de les factures elèctriques i la inversió que suposaria l'equip de bateries de l'escenari anterior, es calcula que en menys de 3 anys ja seria rentable la inversió de l'equip de bateries de l'habitatge.

Finalment, les conclusions que s'obtenen en aquesta simulació, considerant que actualment la legislació no contempla un *net metering* amb balanç d'energia net respecte la xarxa i que no es contempla vendre l'energia excedent, són:

- ✓ **La inversió de bateries és rentable en un curt termini de temps.**
- ✓ **El sistema sense bateries té molta energia excedent que es tradueix en una mala eficiència energètica de l'habitatge.**

10.3.4. Escenari 4: Determinació de la capacitat òptima del sistema.

Després d'haver comprovat que la micro-xarxa de la vivenda millora molt notablement el seu comportament energètic quan disposa de generació fotovoltaica i un sistema d'emmagatzematge gestionats per una política de *peak shaving*, a més de treballar amb una política de desplaçament de càrregues i que la contractació de tarifes amb discriminació horària suposen una important reducció en l'import anual de les factures elèctriques, s'ha de procedir amb les simulacions per determinar la capacitat òptima dels sistemes de la micro-xarxa.

Cal remarcar que tot i que habitualment per determinar la potència total dels panells fotovoltaics a instal·lar s'ha d'estudiar la superfície total disponible per veure la potència màxima

que es pot instal·lar, per aquest cas s'ha fet un ràpid sondeig inicial per veure que la superfície total disponible és força superior a la que serà necessària pel sistema de generació fotovoltaica i per tant no es suposa cap valor límit de potència fotovoltaica a instal·lar.

Per obtenir les capacitats òptimes del sistema i la programació del *peak shaving* es plantegen quatre escenaris diferents i es prenen els següents valors en comú:

- Nivell de càrrega mínima de les bateries (SoC límit): 50%
- Potència de càrrega i descàrrega màxima de bateries: 3500 W
- Potència límit del *peak shaving*: 1500 W, 1000 W, 500 W i 0 W
- Potència generada mínima perquè funcioni l'inversor: 100 W
- Potència elèctrica contractada: 3 kW
- Preu electricitat igual que en escenaris anteriors.
- Les comparacions per calcular l'estalvi mensual es realitzen respecte els imports calculats en l'escenari 1.
- Import aproximat de la inversió de bateries: 0,16 €/Wh
- Import aproximat de la inversió de panells fotovoltaics: 0,8 €/Wp
- Import aproximat de la inversió de l'inversor i altres elements del sistema: 4000€

Els resultats obtinguts més rellevants per cada escenari plantejat amb paràmetres diferents es resumeixen en les següents taules:

Taula 10.8 Resultats simulació escenari A

ESCENARI A	Ppv=7 kW Bat=30 kWh Plim=1500 W		Ppv=7 kW Bat=30 kWh Plim=1000 W		Ppv=7 kW Bat=30 kWh Plim=500 W		Ppv=7 kW Bat=30 kWh Plim=0 W	
	Desembre	Juny	Desembre	Juny	Desembre	Juny	Desembre	Juny
Paràmetre								
Pot. Pic Xarxa (W)	1500	1600	1000	1600	900	1600	3000	1600
Inversió Aprox. (€)	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400
Estalvi mensual (€)	109,96	140,3	119,77	147,96	144,66	160,427	155,3858	178,14
En. Exc. dia (kWh)	9,464	19,9	7,512	18,14	1,981	16,212	0	11,874
SoC inici i fi dia(%)	95	95	90	90	80	85	51	75

Taula 10.9 Resultats simulació escenari B

ESCENARI B	Ppv=6 kW Bat=25 kWh Plim=1500 W		Ppv=6 kW Bat=25 kWh Plim=1000 W		Ppv=6 kW Bat=25 kWh Plim=500 W		Ppv=6 kW Bat=25 kWh Plim=0 W	
	Desembre	Juny	Desembre	Juny	Desembre	Juny	Desembre	Juny
Paràmetre								
Pot. Pic Xarxa (W)	1500	1600	1000	1600	3000	1600	3500	1600
Inversió Aprox. (€)	12800	12800	12800	12800	12800	12800	12800	12800
Estalvi mensual (€)	107,555	135,553	117,86	144,66	140,28	158,59	149,25	178,14
En. Exc. dia (kWh)	7,072	15,17	4,888	13,189	0	10,303	0	6,242
SoC inici i fi dia(%)	95	95	88	89	58	80	50	70

Taula 10.10 Resultats simulació escenari C

ESCENARI C	Ppv=5 kW Bat=20 kWh Plim=1500 W		Ppv=5 kW Bat=20 kWh Plim=1000 W		Ppv=5 kW Bat=20 kWh Plim=500 W		Ppv=5 kW Bat=20 kWh Plim=0 W	
	Desembre	Juny	Desembre	Juny	Desembre	Juny	Desembre	Juny
Paràmetre								
Pot. Pic Xarxa (W)	1500	1600	1000	1600	3500	1600	4000	1600
Inversió Aprox. (€)	11200	11200	11200	11200	11200	11200	11200	11200
Estalvi mensual (€)	104,29	130,33	115,42	140,98	130,57	156,465	131,613	177,86
En. Exc. dia (kWh)	4,515	9,897	2,231	7,796	0	4,6081	0	0,62
SoC inici i fi dia(%)	93	93	84	85	50	73	50	55

Taula 10.11 Resultats simulació escenari D

ESCENARI D	Ppv=4 kW Bat=15 kWh Plim=1500 W		Ppv=4 kW Bat=15 kWh Plim=1000 W		Ppv=4 kW Bat=15 kWh Plim=500 W		Ppv=4 kW Bat=15 kWh Plim=0 W	
	Desembre	Juny	Desembre	Juny	Desembre	Juny	Desembre	Juny
Paràmetre								
Pot. Pic Xarxa (W)	1500	1600	1000	1600	4000	1800	4500	1600
Inversió Aprox. (€)	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600
Estalvi mensual (€)	100,9	123,67	112,83	135,69	114,17	152,33	114	154,71
En. Exc. dia (kWh)	2,093	5,55	0	3,057	0	0,249	0	0,208
SoC inici i fi dia(%)	90	83	80	67	50	50	50	50

S'han marcat per cada escenari la potència límit del *peak shaving* que aporta el millor resultat per cada mes estudiat, s'agafa com a criteri per decidir el millor resultat que l'energia excedent sigui el més petita possible i que el nivell de càrrega de les bateries al final del dia sigui més gran que el valor límit establert (50%), de manera que el sistema quedi amb un lleuger marge per corregir la no idealitat del sistema real, pels casos en què hi hagi un augment de demanda i per compensar la pèrdua d'eficiència que patirà el sistema al llarg dels anys de vida útil.

Una vegada s'ha definit la millor programació del sistema per cada escenari perquè funcioni bé tècnicament (definir la potència absorbida de la xarxa límit que marca el funcionament del *peak shaving*), s'estudia el comportament en termes econòmics que té cada escenari per elegir el millor sistema (aquest estudi econòmic és una simple aproximació a partir dels valors donats fins el moment, el temps d'amortització aproximat es calcula dividint la inversió inicial entre l'estalvi anual, el benefici aproximat al cap dels 20 anys de vida útil es calcula multiplicant l'estalvi anual pels 20 anys menys la inversió inicial).

Taula 10.12 Resum econòmic dels escenaris

TAULA RESUM ECONÒMIC	ESCENARI A	ESCENARI B	ESCENARI C	ESCENARI D
Estalvi anual aproximat	1.936,80 €	1.910,52 €	1.631,31 €	1.491,12 €
Temps amort. aprox.(anys)	7,43	6,70	6,87	6,44
Benefici als 20 anys	24.336,00 €	25.410,00 €	21.426,20 €	20.222,40 €

Analitzant els resultats, es veu com l'escenari B (Ppv=6 kW i Bateria=25 kWh) aporta la solució més viable en termes econòmics, ja que és juntament amb l'escenari D el que té un temps d'amortització més baix, però, mentre l'escenari D aporta un benefici aproximat de 20.222,40€ al final de la vida útil estimada del sistema, amb l'escenari B s'obté més del 20% més de benefici al final de la seva vida útil.

A continuació, es segueixen realitzant simulacions seguint amb els mateixos criteris per obtenir la capacitat òptima del sistema d'emmagatzematge contemplant una potència de panells fotovoltaics de 6 kW. Per aquest cas es mostra directament la taula resum en termes econòmics de tots els escenaris simulats, ja que en aspectes tècnics tots els escenaris presenten bons resultats.

Taula 10.13 Resum econòmic dels escenaris

TAULA RESUM ECONÒMIC	ESCENARI B: Bat.: 25kWh	ESCENARI B.1: Bat.: 20kWh	ESCENARI B.2: Bat.: 30kWh	ESCENARI B.3: Bat.: 15kWh
Estalvi anual aproximat	1.910,52 €	1.910,52 €	1.912,84 €	1.778,49 €
Temps amort. aprox.(anys)	6,70	6,28	7,11	6,30
Benefici als 20 anys	25.410,40 €	26.210,40 €	24.656,84 €	24.369,80 €

Es determina que la millor opció és instal·lar un sistema d'emmagatzematge de 20kWh. A continuació es mostra la taula resum d'aquest sistema així com gràfiques per veure el comportament d'aquest sistema seleccionat al llarg del dia pels dies més significatius de l'any variant la potència límit de regulació del *peak shaving*.

Taula 10.14 Resultats simulació escenari B

ESCENARI B.1	Ppv=6 kW Bat=20 kWh Plim=1500 W		Ppv=6 kW Bat=20 kWh Plim=1000 W		Ppv=6 kW Bat=20 kWh Plim=500 W		Ppv=6 kW Bat=20 kWh Plim=0 W	
	Desembre	Juny	Desembre	Juny	Desembre	Juny	Desembre	Juny
Paràmetre								
Pot. Pic Xarxa (W)	1500	1600	1000	1600	3000	1600	3500	1600
Inversió Aprox. (€)	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
Estalvi mensual (€)	107,555	135,55	117,8568	144,66	140,28	158,59	149,25	178,14
En. Excedent (kWh)	6,94	14,81	4,888	12,951	0	10,303	0	6,727
SoC inici i fi dia(%)	93	92	85	85	60	76	50	65

Es veu que per la regulació seleccionada en aquesta taula pel mes de desembre (potència límit del *peak shaving* de 500 W) es produeix un pic de potència de 3000 W, pel que s'entén que hi ha un moment on la càrrega de les bateries cau al nivell mínim. Es mostra en la següent gràfica:

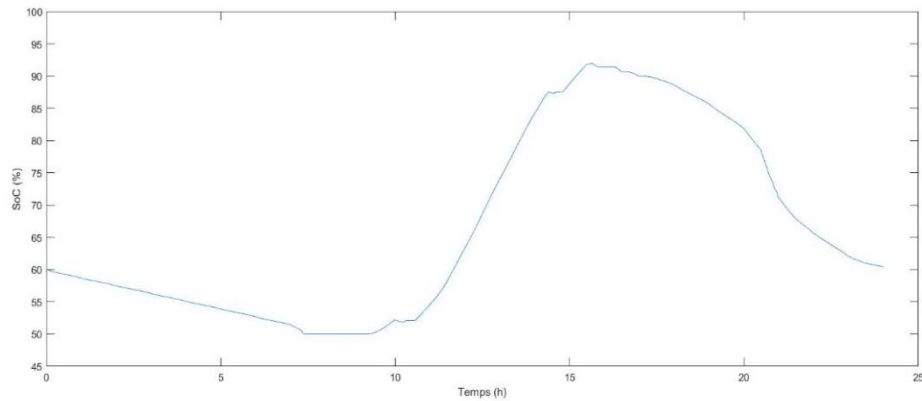


Figura 10-2 SoC bateries al llarg d'un dia d'hivern per l'escenari B.1

Efectivament, es veu com les bateries arriben al nivell mínim establert a les hores del pic de consum del matí. A continuació es mostra el perfil de potència consumida de la xarxa (considerant l'energia aportada com a auxiliar de la xarxa per poder fer front als dèficits energètics).

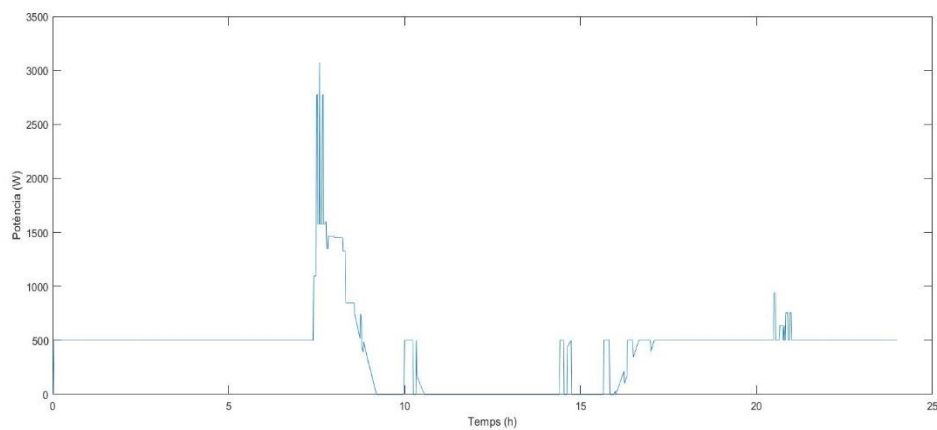


Figura 10-3 Perfil de potència absorbida de la xarxa en un dia d'hivern

Es demostra que el pic de potència absorbida de la xarxa de 3000 W es produeix en el moment en que el nivell de càrrega de les bateries està al mínim i el sistema té un dèficit de potència i ha d'absorbir energia a partir de l'entrada auxiliar (ja que l'entrada de *peak shaving* està limitada a 500 W). Pel que fa a la resta del dia, es veu com el sistema treballa correctament, ja que quan hi ha radiació solar per satisfer la demanda no hi ha consum elèctric de la xarxa i la resta de temps es consumeix potència de la xarxa fins arribar al valor límit.

Com que s'ha establert una potència contractada de 3 kW, aquest pic de potència que només dura uns pocs minuts no suposaria cap problema de sobrecàrrega pel sistema.

A continuació es representa el nivell de càrrega de les bateries en un dia del mes de juny amb una potència límit de *peak shaving* de 0 W (de manera que tota la potència absorbida de la xarxa

es considera energia auxiliar i únicament és necessària quan es produeixen pics de potència en el consum domèstic):

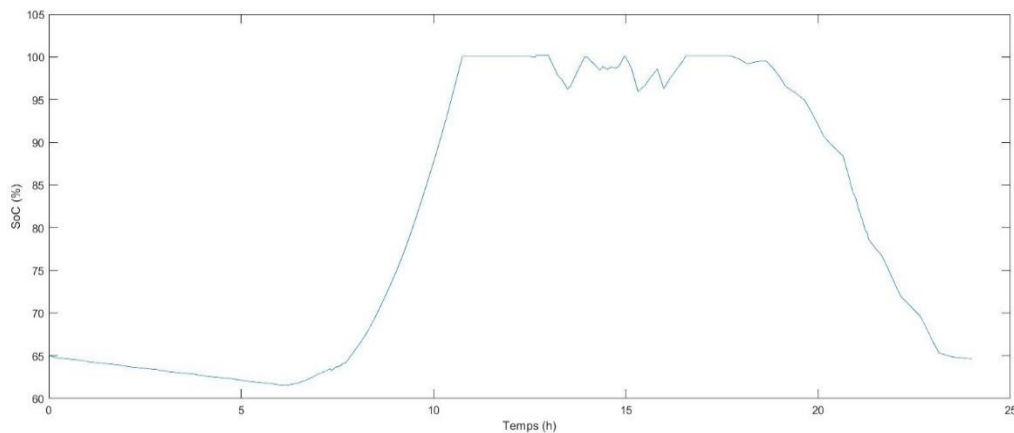


Figura 10-4 Nivell de càrrega bateries en un dia d'estiu

Es veu com a l'estiu en condicions normals la càrrega de les bateries no és mai inferior al 60% i gràcies al desplaçament de càrregues aplicat, únicament es té el nivell de càrrega màxima durant dues o tres hores al matí, pel que durant aquest temps tota l'energia fotovoltaica que no es consumeixi no es pot aprofitar i es considera energia excedentària.

Finalment, les conclusions que s'obtenen a partir d'aquestes simulacions realitzades són:

- ✓ La potència fotovoltaica òptima a instal·lar és de 6 kWp
- ✓ La capacitat útil de les bateries òptima a instal·lar és de 10 kWh (bateries de 20 kWh si s'estableix un nivell de descàrrega màxima del 50%).
- ✓ S'aplicarà la política de desplaçament de càrregues a l'habitatge.
- ✓ La potència contractada a la companyia subministradora serà d'uns 3 kW i amb tarifes de discriminació horària.
- ✓ La potència límit que estableix el funcionament del *peak shaving* es variarà segons el mes i condicions climatològiques.

10.3.5. Escenari 5: Comportament variant potència límit del *peak shaving*.

S'ha determinat que la configuració més òptima del sistema de generació de la micro-xarxa és instal·lant panells fotovoltaics fins arribar a una potència de 6 kWp i utilitzant un sistema d'emmagatzematge de 10 kWh útils.

Els fluxos de potència estaran gestionats amb una política de *peak shaving*. Per assolir el correcte funcionament del sistema és essencial que la programació de la potència límit absorbida de la xarxa del *peak shaving* sigui la adequada per cada dia de l'any. Per aquest motiu, a continuació

es realitzen simulacions suposant escenaris de diferent radiació solar per veure entre quins valors s'haurà de variar la potència límit del *peak shaving* segons les condicions climatològiques.

Per totes les simulacions es suposen les mateixes dades que a l'escenari anterior, es mantindrà sempre una potència de panells fotovoltaics de 6 kW, una capacitat de les bateries de 20 kWh i amb un nivell de càrrega mínima del 50%. Únicament es variarà la potència límit de funcionament del *peak shaving* i la radiació solar a partir d'un coeficient (coef.) que multiplica directament la corba de radiació solar obtinguda del PVSyst.

L'estalvi mensual que s'indica és un valor representatiu suposant que tots els dies del mes es mantindria aquest nivell de radiació. A més, el nivell de càrrega inicial que es pren és el nivell de càrrega al final d'un dia suposant un valor de radiació mitjana pel dia del mes que correspon (coeficient=1).

Taula 10.15 Resultats simulació escenari amb coeficient radiació de 0,4

ESCENARI 5.1 Coef. = 0,4	Desembre			Juny		
Potència límit	1500 W	2000 W	2500 W	1000 W	1500 W	2000 W
Pot. Pic Xarxa	1500 W	2000 W	2500 W	4400 W	1800 W	2000 W
Estalvi mensual	94,43 €	88,38 €	86,33 €	118,44	110,40 €	99,40 €
En. Exc. dia (kWh)	0	0	0	0	0	0
SoC inici i fi dia(%)	De 60 a 53	De 60 a 58,5	De 60 a 60,5	De 65 a 50	De 65 a 56	De 65 a 65,5

Taula 10.16 Resultats simulació escenari amb coeficient radiació de 0,7

ESCENARI 5.2 Coef. = 0,7	Desembre			Juny		
Potència límit	500 W	1000 W	1500 W	500 W	750 W	1000 W
Pot. Pic Xarxa	4000 W	1000 W	1500 W	1600 W	1600 W	1600 W
Estalvi mensual	123,68 €	113,35 €	101,58 €	153,97 €	144,47 €	136,70 €
En. Exc. dia (kWh)	0	0	0	1,26	1,46	1,56
SoC inici i fi dia(%)	De 60 a 50	De 60 a 62	De 60 a 73	De 65 a 63	De 65 a 70	De 65 a 78

Taula 10.17 Resultats simulació escenari amb coeficient radiació de 1

ESCENARI 5.3 Coef. = 1	Desembre			Juny		
Potència límit	300 W	500 W	700 W	0 W	250 W	500 W
Pot. Pic Xarxa	3500 W	3000 W	900 W	1600 W	1600 W	1600 W
Estalvi mensual	148,54 €	140,28 €	130,43	178,14 €	166,91 €	158,59 €
En. Exc. dia (kWh)	0	0	0	6,73	7,85	8,30
SoC inici i fi dia(%)	De 60 a 52	60	De 60 a 71	65	De 60 a 70	De 60 a 76

Taula 10.18 Resultats simulació escenari amb coeficient radiació de 1,4

ESCENARI 5.4 Coef. = 1,4	Desembre			Juny		
	0 W	300 W	500 W	0 W	200 W	400 W
Potència límit						
Pot. Pic Xarxa (W)	3500 W	3500 W	3000 W	1600 W	1600 W	1600 W
Estalvi mensual (€)	161,68 €	150,06 €	142,61 €	178,14 €	170,31 €	165,11 €
En. Exc. dia (kWh)	4,90	4,96	4,99	20,04	21,22	21,33
SoC inici i fi dia(%)	De 60 a 51	De 60 a 61	De 60 a 70	De 65 a 65,5	De 65 a 70	De 65 a 75

A partir dels resultats obtinguts i després de determinar la potència límit del *peak shaving* òptima per cada cas prenent els mateixos criteris que s'han explicat anteriorment, es pot obtenir la següent gràfica que mostra una aproximació de com s'ha de programar la potència límit del *peak shaving* segons quin sigui el nivell de radiació solar del dia (per hivern o estiu). Cal tenir en compte que per aquest cas es suposa una micro-xarxa ideal sense pèrdues.

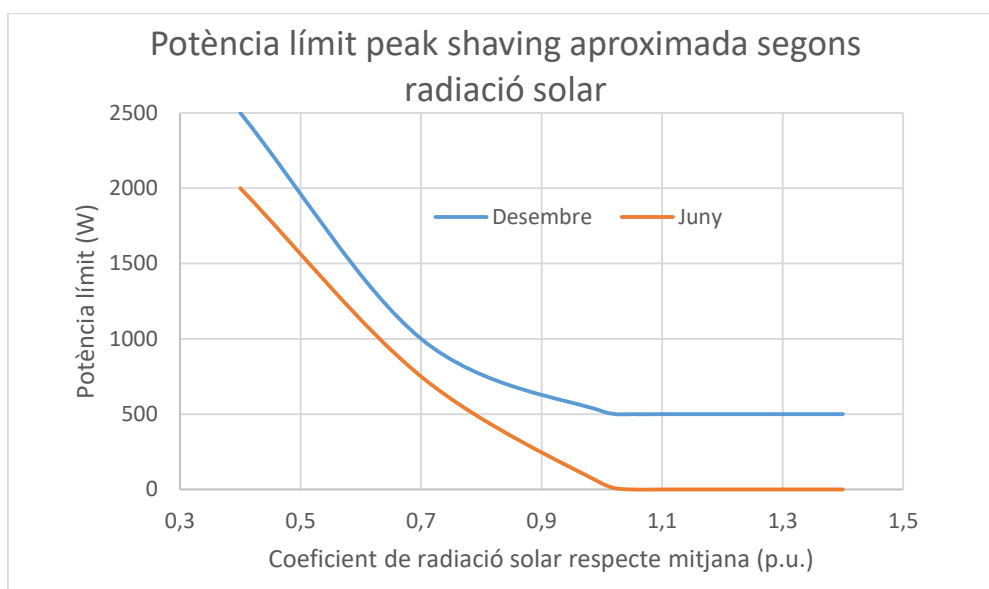


Figura 10-5 Potència límit del peak shaving segons radiació solar i estació

Amb aquesta gràfica s'obté una guia sobre com s'ha de variar la potència límit del *peak shaving* segons el nivell de radiació solar que hi hagi en un dia i segons la estació en la que ens trobem, suposant una micro-xarxa ideal. Pels casos de mesos entremitjos (primavera i tardor) es prendria una línia entremig aproximada de les dues de desembre i juny.

Les conclusions que es poden extreure havent realitzat i analitzat aquestes simulacions són:

- ✓ Segons el temps que faci (en quant a si està cobert o fa sol) i segons el mes en que ens trobem, la potència límit a programar del *peak shaving* variarà.
- ✓ La micro-xarxa tindrà el millor funcionament quan es segueixin els valors mostrats en la gràfica anterior, obtinguts a partir de simulacions.

- ✓ Com que les simulacions suposen un sistema ideal, és gairebé impossible de preveure un valor exacte del coeficient de radiació solar per cada dia i generalment la programació de la potència límit del *peak shaving* està esglaonada per diferents nivells, sempre és més recomanable fixar un valor de potència límit aproximat a un valor superior per assegurar-se que el sistema no excedeixi la potència elèctrica contractada de la xarxa.

11. CONFIGURACIÓ DEL GENERADOR FOTOVOLTAIC

11.1. Emplaçament de la instal·lació.

L'emplaçament de tots els elements presentats fins el moment es realitzarà aprofitant els llocs disponibles de l'habitatge i elegint sempre els que facilitin la instal·lació dels mateixos i millorin l'eficiència de la micro-xarxa. Per exemple, s'intentarà en tot moment minimitzar les distàncies entre elements per reduir pèrdues per efecte Joule en els conductors elèctrics.

- **Panells fotovoltaics:** Els panells fotovoltaics es situaran sobre estructures de suport inclinades sobre la coberta plana de l'immoble, compartint espai físic amb els panells solars per escalfar aigua. Es mostra en el següent plànol del terrat tot l'espai disponible per instal·lar els panells solars. Totes les divisions que es veuen estan a la mateixa altura, separades per escalons de 30 cm d'alçada, únicament és més alt el terrat de l'escala (2m) i el fumeral (1m) (ambdós marcats amb creus vermelles). La superfície total disponible de sostre és d'aproximadament 150 m².

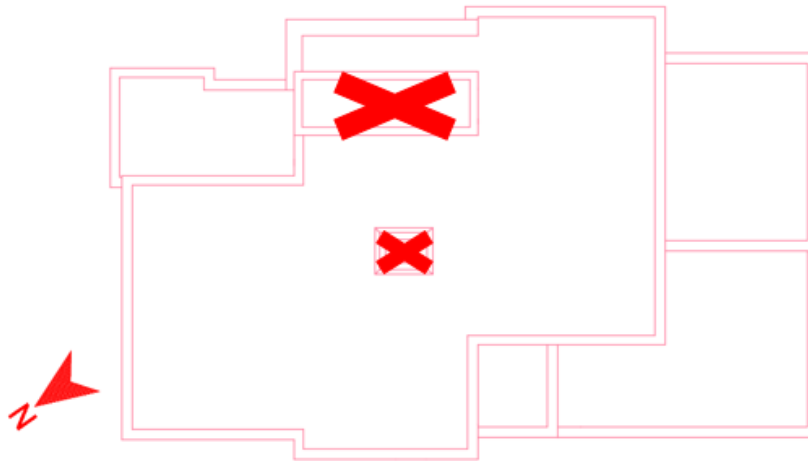


Figura 11-1 Terrat de l'habitatge on instal·lar camp fotovoltaic

- **Bateries i sistemes de conversió, gestió i protecció:** Tots aquests elements de la instal·lació s'ubicaran en una sala tècnica del soterrani de l'habitatge que es mostra en el següent plànol marcat de color blau. La sala quedarà sempre oberta per tal que les bateries tinguin ventilació. S'observa com el soterrani al no quedar completament enterrat disposa de finestres altes que permeten la ventilació del mateix.

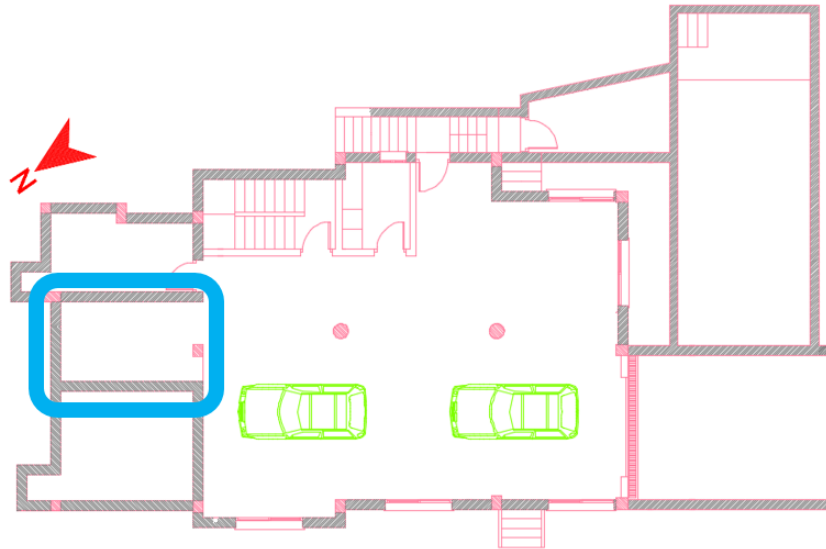


Figura 11-2 Soterrani, en blau sala tècnica d'electricitat

- **Sistema de distribució:** Tots els conductors elèctrics que aniran del terrat a la sala tècnica d'electricitat estaran dintre de tubs homologats i encastats als murs durant la construcció de l'habitatge.
- **Sistema de mesura:** El quadre de comptadors juntament amb la CGP i diversos sistemes de protecció estaran instal·lats en una caseta exterior de la vivenda, de manera que hi tingui accés la companyia subministradora d'electricitat.

11.2. Emplaçament del sistema de captació.

11.2.1. Anàlisi de radiació solar.

Donat que l'habitatge on s'ha de realitzar la instal·lació està ubicat a l'illa d'Eivissa, on es gaudeix d'un clima mediterrani, es preveu que la radiació solar per generar energia elèctrica serà òptima. Tot i això, s'obtenen de la plataforma *PVGIS* els valors de radiació solar per la ubicació donada per valors mensuals mitjans segons els darrers anys.

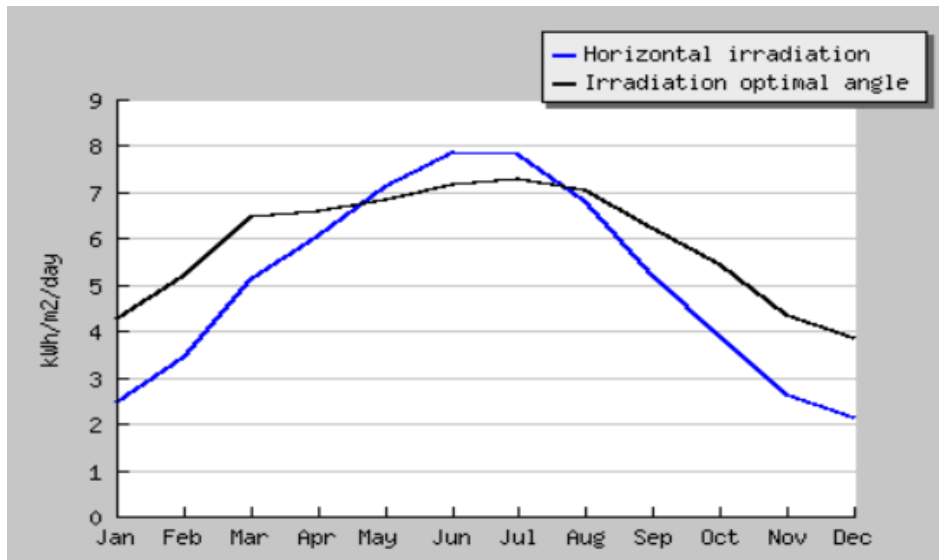


Figura 11-3 Radiació solar en kWh/m²/dia sobre superfície horitzontal i inclinada a 35°[20]

El mateix programa *PVGIS* aporta la informació que la superfície inclinada que maximitza la radiació solar anual és a una inclinació de 35°. S'ha definit que la orientació dels panells fotovoltaics respecte el sud serà de 0° (conegut com azimut), per maximitzar la generació.

S'ha de fer especial èmfasi a que aquesta radiació solar no és la mateixa energia elèctrica que generen els panells fotovoltaics. Ja s'ha explicat que l'eficiència d'aquests depèn de diversos factors però que es troba en valors d'entre el 15% i 20% aproximadament.

Tot i això, es veu com la radiació solar per la ubicació donada i per la inclinació òptima va dels 4 kWh/m² diaris en el mes de desembre a més de 7 kWh/m² diaris al mes de juny. Per tant, donat que la superfície total disponible (sense considerar ombres) és de 150 m², a simple vista es veu que no hi haurà problemes de radiació solar ni d'espai en el terrat per dur a terme la instal·lació de generació fotovoltaica.

11.2.2. Geometria solar.

Conèixer la geometria solar per cada dia de l'any (n) a la ubicació de la instal·lació de l'habitatge permet fer previsions de les ombres que hi haurà al terrat per evitar col·locar-hi panells fotovoltaics, així com determinar la distància que caldrà respectar entre files de panells perquè no es facin ombra entre ells mateixos.

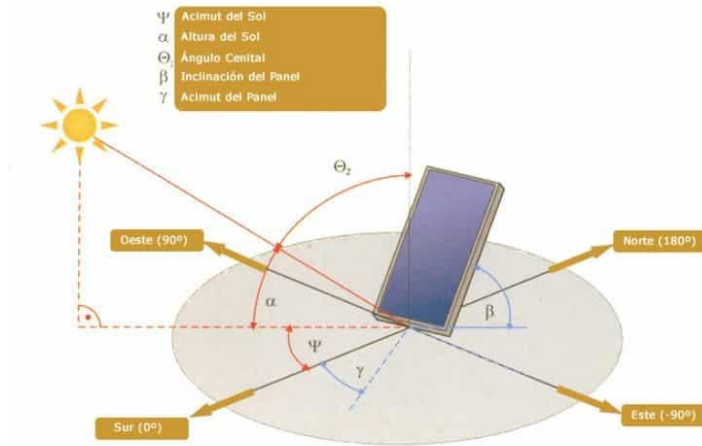


Figura 11-4 Geometria solar i paràmetres. Font: Sunfields Europe

Per dur a terme l'estudi de la geometria solar cal calcular tots els seus paràmetres a partir de les expressions que els caracteritzen, sabent aquestes dades ja presentades anteriorment.

Taula 11.1 Característiques de la instal·lació fotovoltaica

Latitud (φ)	38,997° N
Longitud (λ)	1,429° E
Azimut (γ)	0°
Inclinació panells (θ)	35°

- a) **Declinació solar (δ):** Posició angular del sol al migdia respecte el pla de l'equador (en funció del dia de l'any (n)).

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(\frac{360 \cdot (284 + n)}{365}\right) \quad (11.1)$$

- b) **Angles de sortida (ω_s) i posta del sol (ω_d):** Angles segons horari solar de sortida i posta del sol.

$$\omega_s = \arccos(-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta)) = -\omega_d \quad (11.2)$$

- c) **Angle zenit (θ_z):** Angle entre la vertical i la línia d'incidència del sol segons hora solar.

$$\theta_z = \cos^{-1}(\cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\omega) + \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta)) \quad (11.3)$$

- d) **Altura solar (α_s):** Angle entre la horitzontal i la línia d'incidència del sol.

$$\alpha_s = 90^\circ - \theta_z \quad (11.4)$$

- e) **Azimut solar (γ_s):** Angle de projecció de la radiació directa sobre el pla horitzontal i el sud.

$$\gamma_s = \text{Signe}(\omega) \cdot \left| \cos^{-1} \left(\frac{\cos(\theta_z) \cdot \sin(\varphi - \sin(\delta))}{\sin(\theta_z) \cdot \cos(\varphi)} \right) \right| \quad (11.5)$$

Fent ús d'aquests paràmetres es calcula l'alçada solar pels dies més representatius de l'any (desembre i juny) segons l'azimut solar que s'obté per cada hora solar del dia. Es mostren els resultats de la trajectòria solar a continuació, que s'han calculat amb el programa *Excel* introduint-hi totes les expressions i paràmetres presentats.

Taula 11.2 Resultats geometria solar

Hora solar	Juny		Desembre	
	Altura solar	Azimut solar	Altura solar	Azimut solar
-52,5°	43,2°	-86,7°	-	-
-37,5°	54,7°	-75,1°	18,4°	-36,0°
-22,5°	65,4°	-57,5°	24,1°	-22,6°
-7,5°	73,2°	-24,5°	27,2°	-7,7°
7,5°	73,2°	24,5°	27,2°	7,7°
22,5°	65,4°	57,5°	24,1°	22,6°
37,5°	54,7°	75,1°	18,4°	36,0°
52,5°	43,2°	86,7°	-	-

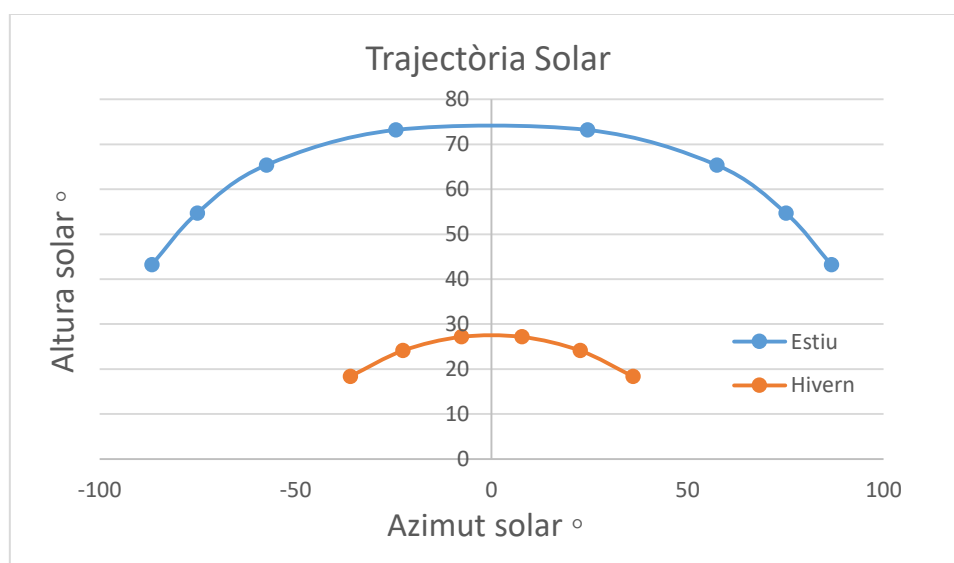


Figura 11-5 Representació trajectòria solar

Els resultats obtinguts són que l'alçada solar màxima al juny és de 74°, mentre que al desembre és de 27°.

11.2.3. Estudi d'ombres i zona d'emplaçament.

Una vegada s'ha estudiat la dinàmica i radiació solar, es pot procedir a determinar les zones d'ombra del terrat, així com veure les ombres que generaran els panells fotovoltaics.

Per determinar la superfície del terrat lliure d'ombres, com que per cada dia de l'any el sol fa un moviment i té una radiància diferent, s'ha de fer l'estudi amb el dia més significatiu de l'any, és a dir, el pitjor dia de l'any en qüestions d'hores de radiació solar i menor altura solar, el que provoca una ombra més gran dels objectes. Aquest és el dia 21 de desembre (n=355),

Cal considerar els objectes que faran ombra, aquests són el terrat de l'escala de 2m, el fumeral d'1m i els escalons estructurals de 30 cm.

Per realitzar el càlcul de les ombres s'han agafat les hores de sol més significatives del 21 de desembre (de les 10:00 h a les 14:00 h), on el sol té una altura que varia entre els 24,09° i 27,16° i un azimut que va dels -22,62° als +22,62°. Aquestes hores corresponen a l'hora solar de -22,5° fins +22,5° respectivament.

Sabent que la longitud de la projecció de l'ombra d'un objecte d'alçada h en funció de l'alçada del sol en graus, a partir de trigonometria, ve donada per l'expressió següent:

$$d_{sombra} = \frac{h}{\tan(\alpha_s)} \quad (11.6)$$

La direcció de l'ombra té la mateixa direcció que l'azimut del sol en aquella hora però canviat de signe.

A partir d'aquests punts de partida es calcula el vector de posició amb el software *Autocad* de la projecció de l'ombra que provoca qualsevol objecte d'una determinada altura per les hores estudiades. La seva direcció ve donada a partir de l'azimut de cada hora, el sentit és el contrari a l'azimut i el seu mòdul es calcula amb l'expressió donada anteriorment per determinar la longitud de la projecció de l'ombra.

Aleshores, si es dibuixa aquest vector de posició per totes les ombres que es projecten sobre la superfície d'estudi queda la següent superfície del terrat exempta d'ombres (es dibuixen únicament les projeccions de les ombres que limiten l'espai del terrat):

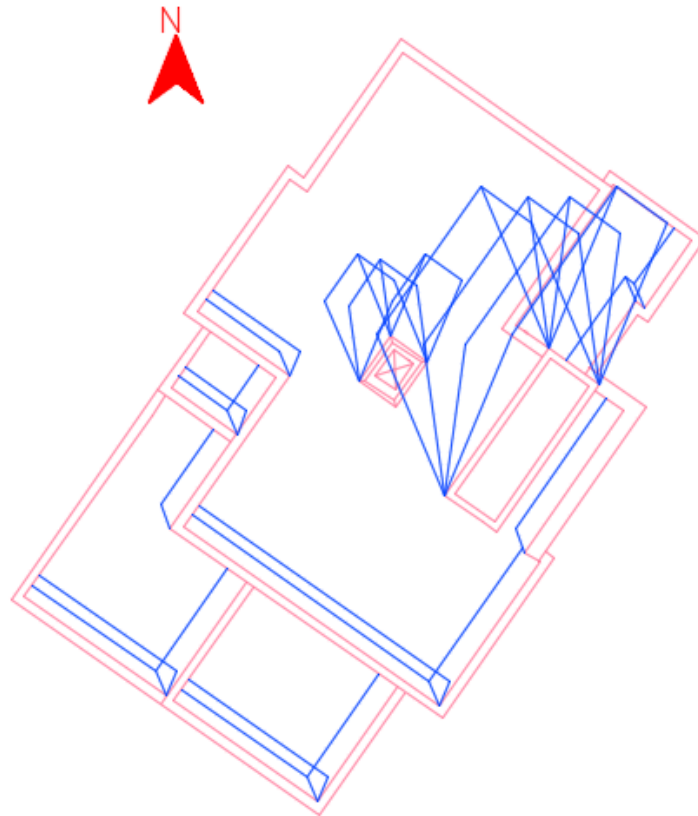


Figura 11-6 Zona d'ombres del terrat

La superfície total disponible per col·locar-hi els panells fotovoltaics s'ha reduït molt considerablement. Tot i això, es segueix amb l'estudi d'emplaçament en les zones lliures d'ombra.

11.2.4. Col·locació dels panells fotovoltaics.

Per col·locar adequadament els panells fotovoltaics a sobre del terrat es segueix el mateix procediment que s'ha seguit per determinar la zona exempta d'ombres del terrat.

Es consideren panells fotovoltaics de mida 2 m x 1 m (mida estàndard), es té en compte la seva inclinació de 35° que determina les dimensions de la projecció de l'ombra així com de la vista de planta del panell, també es determina que per maximitzar l'espai disponible es col·locaran els panells verticalment. Per tant, la vista de perfil i de planta dels panells fotovoltaic i les projeccions de les seves ombres a les hores més significatives del 21 de desembre, sabent que quedaran orientats directament cap al sud, queden de la següent manera:

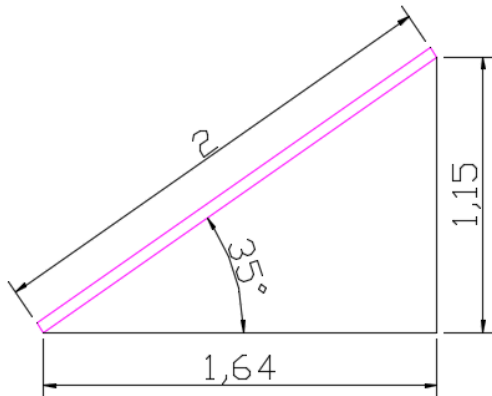


Figura 11-7 Vista de perfil panell inclinat

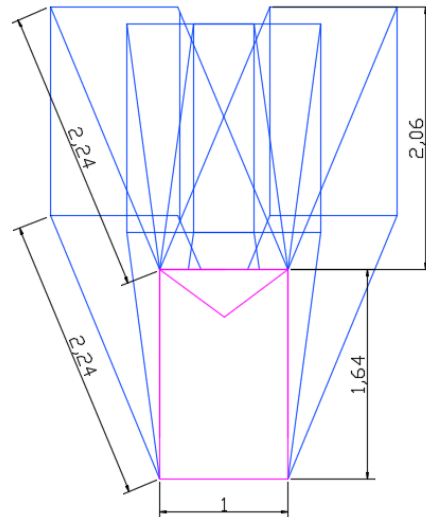


Figura 11-8 Vista de planta panell i projecció d'ombres

Com que tots els panells faran les mateixes projeccions d'ombra al llarg del dia, es simplifica la projecció de l'ombra dels panells com es mostra a continuació, que representa el pitjor cas per definir la distància entre files de panells.

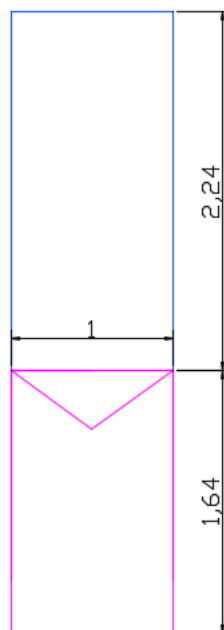


Figura 11-9 Vista de planta del panell i ombra

Una vegada s'ha determinat la mida total que ocupa cada panell fotovoltaic més la projecció de la seva ombra, es procedeix a ubicar-los sobre el terrat. S'havia determinat una potència instal·lada de 6 kWp, i com que els panells seleccionats tenen una potència nominal de 320 W, caldrà col·locar almenys 19 panells sobre el terrat, tot i això, es decideix col·locar-ne 20 per facilitar la seva posterior connexió en ramals en sèrie i paral·lel.

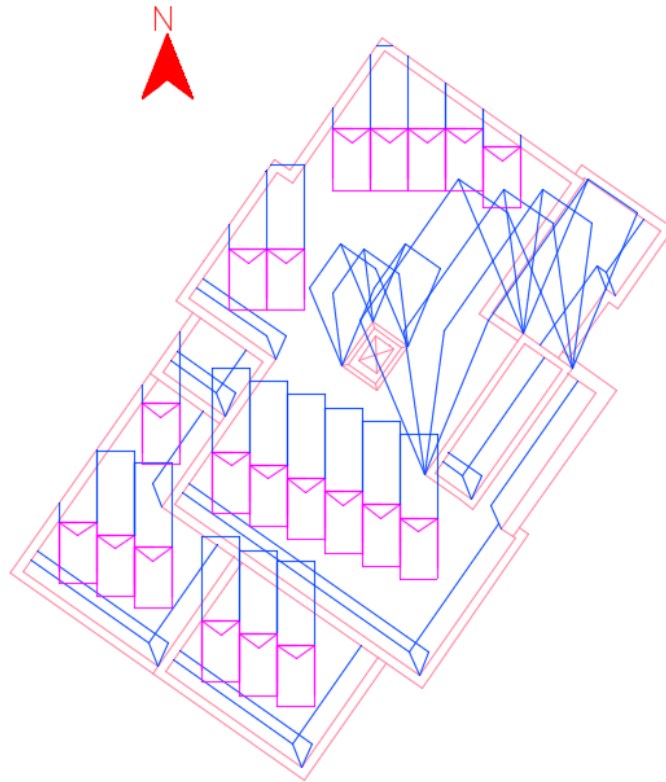


Figura 11-10 Vista de planta terrat amb panells i ombres

Una vegada s'han pogut ubicar tots els panells fotovoltaics necessaris, es determina que la potència nominal de panells fotovoltaics resultant és de 6,4 kWp.

11.3. Sistema de captació.

El sistema de captació d'energia solar de l'habitatge està compost per panells fotovoltaics. Ja s'han introduït els tipus més comuns que hi ha en el mercat, i per la seva competitiva relació qualitat-preu, es decideix utilitzar panells fotovoltaics amb tecnologia de silici policristal·lí.

Concretament, per la seva gran relació qualitat-preu es farà ús de panells fotovoltaics de la marca *CSun*, model *CSUN320-72P* de potència nominal en condicions STC de 320 W.

A continuació es mostren els paràmetres més importants del panell, obtinguts de la fitxa tècnica del panell subministrada pel fabricant, així com diagrames del mateix i les seves corbes de funcionament característiques.

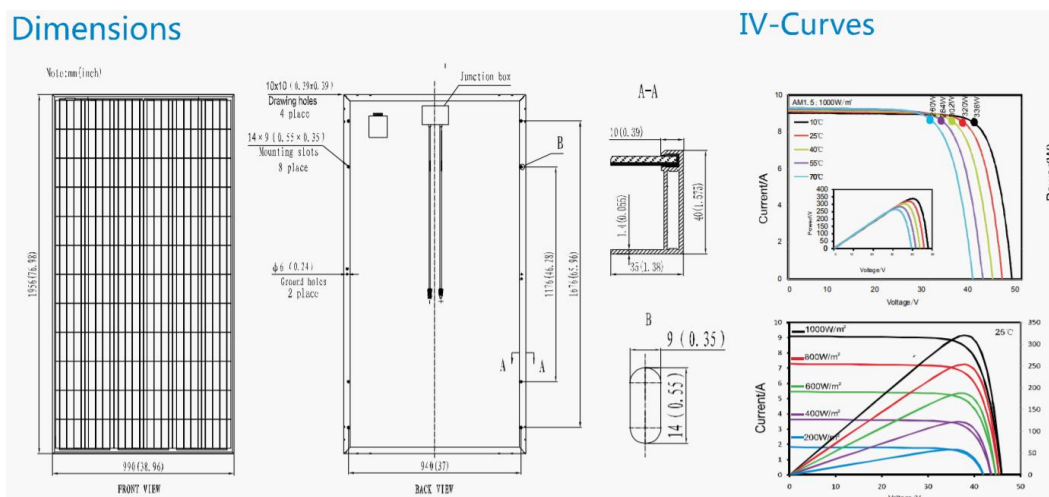


Figura 11-11 representació i corbes de funcionament del panell CSUN320-72P[50]

Taula 11.3 Paràmetres del panell CSUN320-72P

Característiques elèctriques (STC)		Característiques físiques	
Potència	320 W	Dimensions	1956 x 990 x 40 mm
Tensió OC	45,9 V	Pes	22 kg
Corrent SC	9,1 A	Material cèl·lules	Silici policristal·lí
Tensió MPP	37,3 V		
Corrent MPP	8,57 A		
Eficiència	16,53 %		

11.4. Estructura de suport dels panells.

Els panells fotovoltaics, al estar sobre un terrat pla i necessitar una inclinació de 35°, s'hauran d'instal·lar sobre una estructura especialment dissenyada pel seu suport.

És necessari que l'estructura de suport tingui una llarga vida útil sense cap tipus de manteniment, que suporti adequadament els panells fotovoltaics a la intempèrie i que disposi d'una adequada resistència mecànica als esforços màxims provocats pels possibles fenòmens meteorològics: vent, pluja i neu, de mínim 2000 N i 2500 N en cargolaria inoxidable, d'acord amb el CTE en l'apartat de Seguretat Estructural-Accions en l'Edificació.[51]

Seguint les normes del *Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió* en la instrucció complementària MIE BT-039, l'estructura de suport i els marcs metàl·lics dels panells es connectaran a una presa de terra.

Per assegurar la llarga vida útil, resistència mecànica i resistència a l'òxid, l'estructura de suport es realitzarà amb barres d'alumini ancorades al terrat de manera que s'asseguri la seva immobilització. Les unions entre les barres d'alumini es faran amb cargols d'acer inoxidable i els panells es subjectaran a les barres mitjançant unes adequades brides de subjecció.

D'aquesta manera, l'estructura a muntar quedarà com la mostrada a continuació:



Figura 11-12 Estructura d'exemple de suport dels panells. Font: Catàleg de *Sunfer*

Es fabricaran diverses estructures de diferent tamany per adaptar-se a la posició de tots els panells fotovoltaics distribuïts al terrat de la vivenda.

11.5. Sistema d'emmagatzematge.

Després d'haver analitzat tots els tipus de bateries que es troben en el mercat, com que pel cas de l'habitatge es disposa de bastant espai interior disponible per situar les bateries i no hi ha cap límit de pes màxim, es decideix que el sistema d'emmagatzematge estarà compost per un conjunt de bateries estacionàries, ja que tenen un bon funcionament per aplicacions d'autoconsum fotovoltaic, una llarga vida útil i a canvi de tenir poca densitat d'energia emmagatzemada i ser pesades i ocupar força espai, actualment són una de les opcions més econòmiques del mercat.

Les bateries estacionàries utilitzen la tecnologia plom-àcid. Aquestes bateries no suporten bé descàrregues profundes, per tant, per allargar la seva vida útil es sobredimensionaran les bateries el doble de la capacitat requerida pel sistema i es limitarà el seu nivell de descàrrega al 50%. Per tant, l'equip de bateries que s'instal·larà tindrà una capacitat total de 20 kWh en C20, per ajustar-se a les 24 h que marquen el cicle de la bateria en un dia de funcionament normal.

Al disposar d'una energia d'emmagatzematge de 20 kWh i per no tenir corrents molt grans en el bus de continua de la micro-xarxa que incrementarien les pèrdues per efecte joule i la caiguda de tensió en els conductors de continua, es decideix que la tensió de l'equip de bateries i per tant del bus de continua sigui de 48 V. Cada bateria estacionària és una única cel·la de 2 V, per tant, per obtenir els 48 V desitjats s'han de connectar en sèrie un total de 24 bateries.

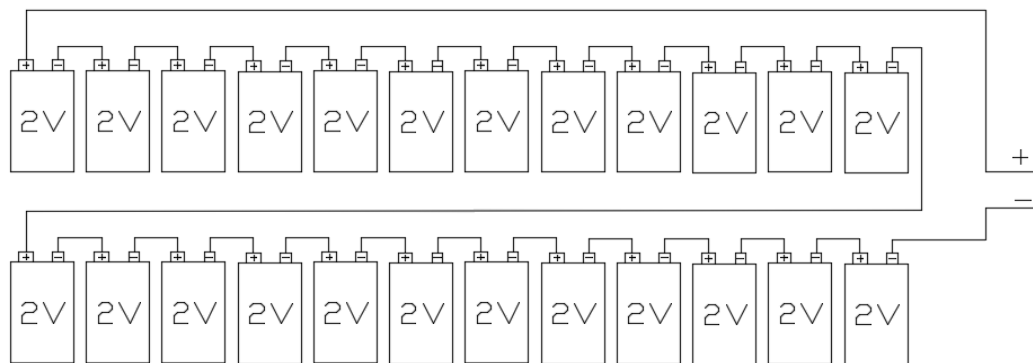


Figura 11-13 Connexionat bateries. Font Pròpia

La capacitat de l'equip de bateries en Amperes hora és el quocient de la capacitat en Watts hora entre la tensió en Volts, el que fa que l'equip de bateries requereixi una capacitat d'aproximadament 417 Ah en C20.

Es decideix instal·lar unes bateries estacionàries del tipus OPzS, que al ser cel·les transparents permeten visualitzar el nivell i estat del líquid de les bateries i per tant faciliten el seu manteniment. Es tracta d'unes bateries de la marca puntera *Exide*, de capacitat nominal 550 Ah en C120 i segons la fitxa tècnica subministrada pel fabricant, una capacitat de 430 Ah en C24, per tant, es veu que s'adapta adequadament al requeriment de la instal·lació.

A continuació es mostren els paràmetres més importants de cada cel·la extrets de la fitxa tècnica del fabricant. Està subratllat el model seleccionat.

Type	Part number	Nom. voltage V	Nominal capacity C_{120} 1.85 Vpc 25 °C Ah	Length (l) max. mm	Width (b/w) max. mm	Height* (h) max. mm	Installed length (L) max. mm	Weight incl. acid approx. kg	Weight acid** approx. kg	Internal resistance mOhm	Short circuit current A	Terminal	Pole pairs
OPzS Solar 190	NVSL020190WC0FA	2	190	105	208	395	115	13.7	5.20	1.45	1400	F-M8	1
OPzS Solar 245	NVSL020245WC0FA	2	245	105	208	395	115	15.2	5.00	1.05	1950	F-M8	1
OPzS Solar 305	NVSL020305WC0FA	2	305	105	208	395	115	16.6	4.60	0.83	2450	F-M8	1
OPzS Solar 380	NVSL020380WC0FA	2	380	126	208	395	136	20.0	5.80	0.72	2850	F-M8	1
OPzS Solar 450	NVSL020450WC0FA	2	450	147	208	395	157	23.3	6.90	0.63	3250	F-M8	1
OPzS Solar 550	NVSL020550WC0FA	2	550	126	208	511	136	26.7	8.10	0.63	3250	F-M8	1

Figura 11-14 Fitxa tècnica bateria exide opzs 550[22]

Type	C_6 1.75 Vpc	C_{10} 1.80 Vpc	C_{12} 1.80 Vpc	C_{24} 1.80 Vpc	C_{48} 1.80 Vpc	C_{72} 1.80 Vpc	C_{100} 1.85 Vpc	C_{120} 1.85 Vpc	C_{240} 1.85 Vpc
OPzS Solar 190	122	132	134	145	165	175	185	190	200
OPzS Solar 245	159	173	176	190	215	230	240	245	260
OPzS Solar 305	203	220	224	240	270	285	300	305	320
OPzS Solar 380	250	273	277	300	330	350	370	380	400
OPzS Solar 450	296	325	330	355	395	420	440	450	470
OPzS Solar 550	353	391	398	430	480	515	540	550	580

Figura 11-15 Capacitat de la bateria segons temps de descàrrega[22]

Tot i que la fitxa tècnica que subministra el fabricant d'aquestes bateries no ho mostra, s'ha cercat d'un altre fabricant de referència (Hoppecke) la corba de cicles de vida útil de la bateria segons la profunditat de descàrrega.

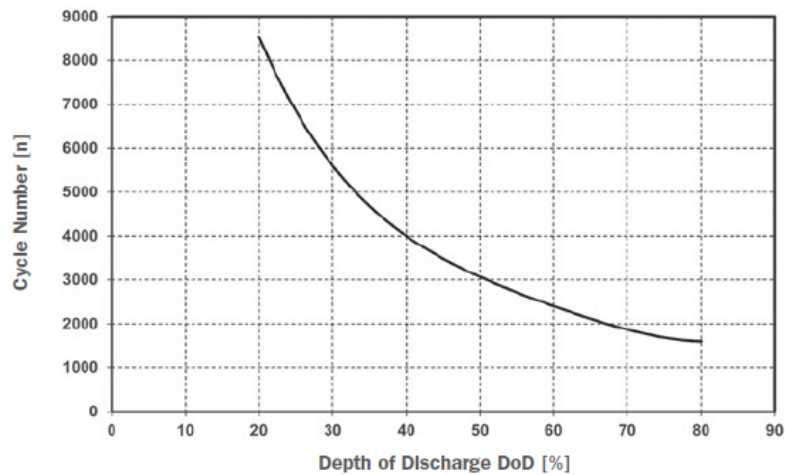


Figura 11-16 Vida útil bateries segons profunditat de descàrregues[52]

Es veu com la profunditat de descàrrega té una forta influència en la vida útil de les bateries. Com que la profunditat de descàrrega aproximada de les bateries a l'habitatge és d'entre el 40% i el 50%, s'estima una vida útil d'aquestes d'entre 3000 i 4000 cicles.

Cal comentar que el comportament de les bateries mai serà exactament com el que apareix en la fitxa tècnica, ja que a banda de tots els paràmetres que influeixen en el seu comportament que ja s'han comentat, la temperatura de les cel·les té una forta influència en el seu comportament. De manera que quan més alta és la temperatura de les cel·les, menys capacitat i pitjor rendiment té la bateria.

11.6. Sistema de conversió.

Tots els blocs que s'han presentat de la micro-xarxa de l'habitatge necessiten connectar-se mitjançant un sistema que adapti les tensions i naturalesa de les mateixes en tots els punts d'unió. Per això, el sistema de conversió de la micro-xarxa serà l'encarregat de que aquesta tingui l'arquitectura que s'ha presentat anteriorment amb un correcte funcionament, respectant els busos de corrent continu i altern i els fluxos de potència necessaris.

Per assegurar el bon funcionament i rendiment de la micro-xarxa, es decideix que el sistema de conversió es formarà a partir de productes comercials dissenyats especialment per aplicacions fotovoltaïques a partir de l'electrònica de potència.

Després de fer un profund estudi en els principals fabricants de convertidors estàtics i els diferents productes que es comercialitzen, s'ha decidit que la micro-xarxa disposarà d'un únic convertidor estàtic d'energia que compactarà totes les conversions necessàries. En aquest aparell es connectaran els panells fotovoltaïcs, bateries, xarxa i les càrregues de l'habitatge (a partir d'una única línia de potència). Aquest convertidor serà capaç d'adaptar tots els nivells de tensió i de dur a terme tots els possibles fluxos de potència. A més a més, aquest convertidor disposa d'una certificació per la que compleix amb els requisits dels sistemes que eviten la

injecció d'energia a la xarxa de distribució segons la normativa *UNE 217001* de 2015, pel que no serà necessària la instal·lació d'altres mecanismes per poder complir els requisits de les instal·lacions d'autoconsum sense excedents que imposa la llei.

El convertidor estàtic seleccionat és el **Ingecon Sun Storage 1Play 6TL**. S'ha seleccionat aquest perquè, a més de ser un producte d'un fabricant reconegut *Ingeteam* en el camp de l'electrònica de potència, compleix amb tots els requisits mínims per assegurar el bon funcionament de la micro-xarxa. A continuació es mostren les principals característiques del convertidor obtingudes tant del catàleg com de la fitxa tècnica del mateix.



Figura 11-17 Convertidor seleccionat[53]

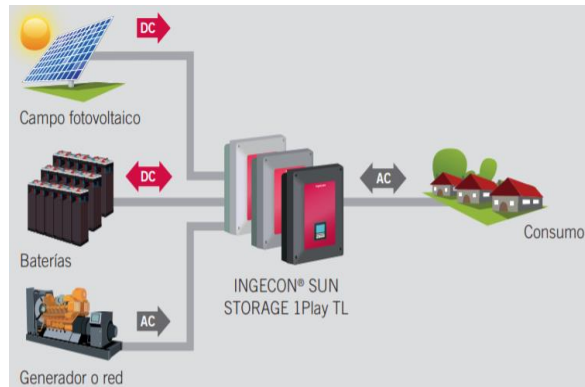


Figura 11-18 Convertidor i arquitectura micro-xarxa.

Font: *Ingeteam*

Aquest convertidor monofàsic bidireccional d'ona senoidal pura, a més de disposar d'una avançada tecnologia per maximitzar l'eficiència de la generació fotovoltaica a partir d'un sistema de MPPT (seguiment del punt de màxima potència de generació), té incorporats sistemes de control de càrrega i descàrrega de les bateries per assegurar la màxima vida útil d'aquestes. A més a més, té una entrada de potència auxiliar per connectar-hi o bé un grup electrogen o bé una altre entrada de xarxa. Disposa de sistemes de comunicació, connexió i protecció bàsics integrats, així com la possibilitat d'instal·lar-li un interruptor per permetre fer un by-pass en cas d'avaría i que l'habitatge pugui seguir disposant d'energia provinent de la xarxa de distribució.

Taula 11.4 Característiques generals

CARACTERÍSTIQUES BÀSIQUES DEL INGECON SUN STORAGE 1PLAY 6TL

Potència nominal de sortida AC:	6 kVA
Pic de potència de sortida AC:	7,9 kW
Tensió nominal:	172-264 V
Corrent màxim de sortida AC:	50 A
Freqüència de funcionament:	50/60 Hz
Rendiment màxim:	96 %
Dimensions:	470 x 360 x 180 mm
Pes:	26 kg

Taula 11.5 Característiques entrada panells fotovoltaics

CARACTERÍSTIQUES ENTRADES DC DEL CAMP FOTOVOLTAIC	
Potència màxima camp fotovoltaic:	11,5 kWp
Nº d'entrades:	2
Rang de tensió per MPP:	330-480 V
Tensió màxima d'entrada:	550 V
Corrent màxim d'entrada:	30 A

Taula 11.6 Característiques entrada bateries

CARACTERÍSTIQUES ENTRADA DC BATERIES	
Rang tensió bateries:	40-300 V
Corrent càrrega/descàrrega màxima:	50 A
Tipus de bateria admissibles:	Plom-àcid/Liti
Sonda de temperatura per bateries:	Sí

Taula 11.7 Característiques entrada auxiliar generador/xarxa

CARACTERÍSTIQUES ENTRADA AC AUXILIAR	
Tensió nominal:	230 V
Potència màxima:	11,5 kVA
Corrent màxima:	50 A
Freqüència nominal:	50/60 Hz

En el moment que s'instal·li el convertidor, s'hauran de seguir pas per pas les instruccions detallades pel fabricant així com realitzar una correcta configuració del mateix, a partir de la seva pròpia pantalla o bé a partir del software **INGEON EMS Tools** que permet fer una configuració més avançada.

11.7. Elements físics del sistema de gestió d'energia.

Fins el moment s'ha explicat el funcionament del sistema de gestió d'energia de l'habitatge, per tant, ara es procedeix a determinar els aparells que permetran realitzar totes les operacions i el funcionament de la micro-xarxa presentat fins el moment.

El principal element que s'encarregarà de controlar els fluxos de potència de la micro-xarxa a partir de les ordres establertes serà el convertidor d'energia que s'ha presentat en el punt anterior, el *Ingecon Sun Storage 1Play 6TL*.

Aquest aparell porta programats diferents modes de gestió d'energia bàsics per funcionar adequadament en sistemes d'autoconsum, en habitatges aïllats de la xarxa elèctrica o bé com a sistema per evitar tallades del subministrament elèctric de la xarxa. Tot i això, per poder tenir un funcionament més òptim i més personalitzat, s'instal·larà un controlador i un comptador intel·ligent complementaris del mateix fabricant que seran els encarregats de dur a terme el

sistema de gestió d'energia que s'ha dissenyat per l'habitatge així com permetre la visualització de tots els paràmetres online de la micro-xarxa mitjançant una aplicació pel mòbil o un software per l'ordinador.

Aquest controlador que actua com a gestor d'energia es coneix com **Ingecon Sun EMS Board**, es connecta al convertidor estàtic i a partir de la lectura del vatímetre, gestiona els fluxos d'energia de la instal·lació seguint les regles de funcionament definides. Es connecta al convertidor mitjançant connectors Ethernet o Wi-Fi tant per configurar-se com per tenir una monitorització de tots els fluxos i estats d'energia dintre de la micro-xarxa.



Figura 11-19 Ems Board i comptador. Font: Ingeteam

La programació del sistema de gestió d'energia, la posta en marxa i monitorització de la micro-xarxa es realitza amb el software *Ingecon Sun EMS Tools* que facilita el mateix fabricant. Amb aquest software es pot programar el funcionament desitjat del sistema de gestió d'energia, així com definir els paràmetres i aparells de la instal·lació. El funcionament del software es detalla en el manual de configuració de l'*EMS Board*.

S'ha estudiat profundament el funcionament d'aquests aparells per confirmar que amb aquests dispositius la micro-xarxa pot funcionar amb el sistema de gestió d'energia que s'ha dissenyat anteriorment i que ja s'ha demostrat que optimitza el consum energètic de la casa, a més de maximitzar l'ús de l'energia fotovoltaica produïda i permetre la monitorització on-line de la mateixa. Per tant, en el moment de configurar els equips per la posada en marxa, es programarà tot seguint les regles de funcionament detallades anteriorment en el disseny del sistema de gestió.

A més, com que el convertidor elegit disposa d'una entrada auxiliar, s'aprofitarà per connectar-hi la xarxa per satisfer el dèficit de potència que es produïa en uns casos particulars, per tant, la connexió del convertidor amb la xarxa de distribució quedarà doblada a partir de l'entrada normal i de l'auxiliar.

Els valors de potència límit del *peak shaving* implementat es poden variar fàcilment amb el software presentat, pel que no serà cap problema pels residents de l'immoble variar aquest paràmetre en els canvis d'estació per maximitzar l'eficiència de la instal·lació.

El mateix fabricant d'aquests equips facilita un programa de monitorització i visualització de la micro-xarxa en temps real i de tots els històrics. Aquest està disponible per ordinador a partir d'un portal web o bé com aplicació mòbil. Es tracta del **Ingecon Sun Monitor**, permet la visualització de tots els paràmetres característics de la instal·lació, corbes de generació, corbes de consums, corbes de nivell de bateries i històrics de dades de la instal·lació en temps real o bé en qualsevol altre moment. A partir d'aquesta monitorització es podrà determinar si el sistema funciona correctament o bé cal modificar la seva programació (polítiques energètiques o bé variar la potència límit del *peak shaving*). Aquest programa, a més de subministrar tots els informes energètics dels darrers dies, setmanes o mesos, també permet programar-se perquè notifiqui a l'usuari via e-mail de qualsevol alarma definida de mal funcionament del sistema, dèficits d'energia, d'un mal estat de qualsevol element de la instal·lació...

A continuació es mostren unes captures de pantalla d'exemple que subministra *Ingeteam* per veure com és aquest software i uns exemples de les dades que permet visualitzar aquest a partir de l'ordinador o del mòbil.

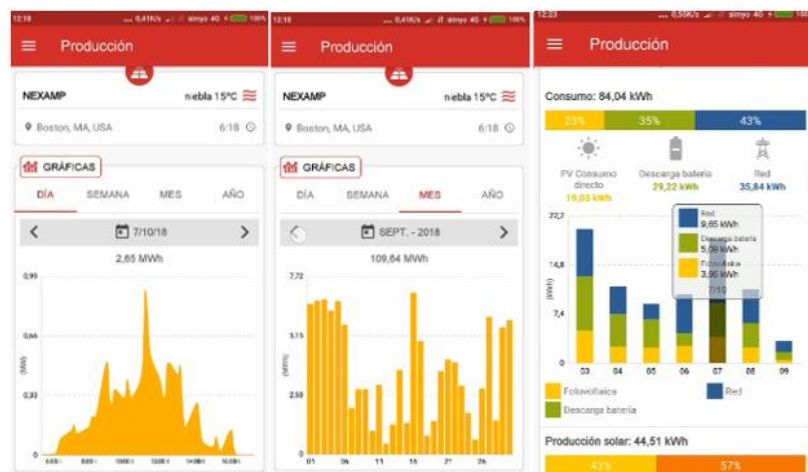


Figura 11-20 Captures mòbil de producció fotovoltaica diària, setmanal i consums. Font: *Ingeteam*

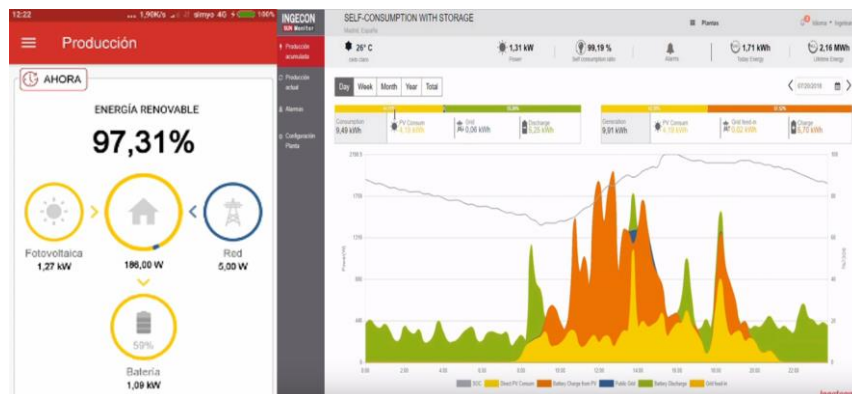


Figura 11-21 Informació actual i dades un dia: Tots els consums del dia i SoC bateries. Font: *Ingeteam*

11.8. Sistema de distribució.

11.8.1. Estructura del sistema de distribució.

Com a sistema de distribució per aquest cas es fa referència a tot el conjunt d'elements que connecten tots els elements de la instal·lació. Per tant, aquests elements són els conductors i les canalitzacions o conductes que els protegeixen.

L'estructura es dóna a partir de l'arquitectura de la micro-xarxa i de les característiques del convertidor fotovoltaic que s'ha elegit. Per tant, com que ja s'ha definit la connexió de l'equip de bateries, cal determinar com serà la connexió del camp fotovoltaic.

El convertidor té dos entrades per panells fotovoltaics, amb un rang de tensió cadascuna de 330-480 V i una intensitat màxima de 30 A, per tant, s'instal·laran en cada entrada 10 panells fotovoltaics connectats en sèrie, de manera que el corrent màxim per cada ramal serà de 9,1 A (corrent de curtcircuit d'un panell) i la tensió resultant màxima serà de 459 V (suma de tensions en circuit obert de tots els panells del ramal). Per tant, estarem en tot moment dintre dels límits especificats pel fabricant del convertidor. Tampoc s'excedeix el límit de 11,5 kWp instal·lats. La connexió entre els panells fotovoltaics s'efectuarà en caixetes de connexions exteriors, havent una caixa de connexió a cada panell.

Les entrades de corrent altern de l'inversor vendran del comptador d'energia elèctrica de la companyia. La sortida de corrent altern de l'inversor anirà a alimentar el quadre general de distribució i protecció de la vivenda.

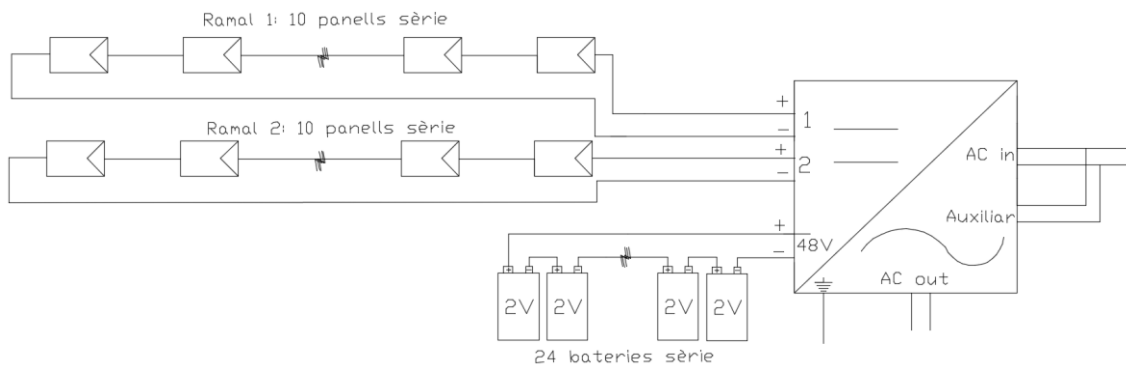


Figura 11-22 Esquema bàsic de les connexions del convertidor. Font pròpia

Les longituds de tots els conductors es resumeixen en la següent taula:

Taula 11.8 Longitud trams

Circuit	Longitud
Ramal 1	50 m
Ramal 2	50 m
Conductors bateries	10 m
Sortides i entrades de corrent altern	15 m

11.8.2. Dimensionament del sistema de distribució.

Es procedeix a dimensionar els conductors de transferència d'energia elèctrica de la instal·lació de generació fotovoltaica. En total es consideren tres tipus de conductors diferents: els ramals del camp fotovoltaic, els conductors de connexió de les bateries i les entrades i sortida de corrent altern del convertidor.

Tots els conductors i canalitzacions es dissenyen de manera que compleixin amb el *Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió*, concretament, hauran de complir les instruccions:

- ITC-BT-19, 20 i 21 REBT, instal·lacions interiors i receptores.

I pels conductors de la part de corrent continu, a més:

- ITC-BT-30 REBT, instal·lacions en zones mullades.
- ITC-BT-40 REBT, instal·lacions generades en baixa tensió.

Es determina que tots els conductors de la instal·lació seran de coure, amb aïllament de polietilè reticulat (XLPE), que té capacitat de treballar fins a 90°C, lliure d'halògens, d'almenys 1000 V i s'instal·laran per dintre de conductes apropiats. A més, seran cables homologats i amb aïllament no propagador de flama.

Tots els conductors quedaran perfectament identificats, de manera que pels casos de corrent continu el positiu serà el vermell i el negatiu negre. Pel costat de corrent altern el neutre serà de color blau i la fase de color gris, marró o negre. Per tots els casos el conductor de protecció i terra serà del seu color característic groc/verd.

Tots els conductors de la instal·lació tindran la secció adequada per complir amb la intensitat màxima dels conductors segons ITC-BT-19 REBT i per no superar en cap cas una caiguda de tensió del 1,5% com especifiquen les instruccions tècniques del REBT 19 i 40.

A més a més, segons la ITC-BT-40, els conductors de la part de corrent continu hauran d'estar dimensionats per una intensitat d'almenys el 125% de la intensitat nominal de la generació fotovoltaica.

Finalment, cal comprovar que la intensitat màxima admissible pels conductors seleccionats és superior al 110% del corrent nominal de l'element de protecció.

11.8.3. Càlculs pel dimensionament del sistema de distribució

El càlcul dels conductors es realitza seguint els requisits que imposen el criteri d'intensitat màxima, el criteri de caiguda de tensió i segons l'element de protecció del circuit.

Són necessàries les següents expressions elèctriques bàsiques:

Per corrent altern monofàsic:

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\varphi) \quad (11.7)$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos(\varphi)} \quad (11.9)$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I_{\text{circuit}} \cdot \rho_{90^\circ}}{S} \quad (11.11)$$

$$e (\%) = \frac{e}{V} \cdot 100 \quad (11.13)$$

Per corrent continu:

$$P = V \cdot I \quad (11.8)$$

$$I = \frac{P}{V} \quad (11.10)$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I_{\text{circuit}} \cdot \rho_{90^\circ}}{S} \quad (11.12)$$

$$e (\%) = \frac{e}{V} \cdot 100 \quad (11.14)$$

On:

- P= Potència del circuit en Watts
- I= Corrent nominal del circuit en Amperes
- I_{circuit} = Corrent pel que es dissenya el circuit (generalment el corrent nominal o el 125%)
- V= Tensió nominal del circuit en Volts
- $\cos(\varphi)$ = Factor de potència del circuit (es suposa 1 per tots els casos d'aquesta instal·lació)
- e= Caiguda de tensió en Volts
- L= Longitud del circuit en Metres
- ρ_{90° = Resistivitat del conductor a 90°C (per ser la temperatura màxima admissible per conductors amb aïllament XLPE), per coure: 1/44 ohm·mm²/m
- S= Secció del conductor en mm²
- e(%)= Caiguda de tensió en percentatge

a) Criteri d'intensitat màxima.

Segons la taula de la ITC-BT-19 REBT:

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ² en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ² en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ³					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ⁴ . Distancia a la pared no inferior a 0,3 D ⁵						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵							3x PVC			3x XLPE o EPR ¹	
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁵									3x PVC ¹		3x XLPE o EPR
Cobre		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	—	18	21	24	—
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	—	25	29	33	—
		4	20	21	23	24	27	30	—	34	38	45	—
		6	25	27	30	32	36	37	—	44	49	57	—
		10	34	37	40	44	50	52	—	60	68	76	—
		16	45	49	54	59	66	70	—	80	91	105	—
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

Figura 11-23 Intensitats màximes admissibles pels conductors [17]

Per tots els circuits a estudiar, s'agafarà la fila B per coincidir amb la disposició dels conductors i la columna 9 per tractar-se de circuits de dos conductors (corrent continu o monofàsic). A partir d'aquí es veu la intensitat màxima que pot portar cada secció de conductors diferent. El corrent previst per aquests conductors (i el 125% del mateix pels casos de corrent continu segons ITC-BT-40) mai podrà superar aquest valor màxim.

b) Criteri de caiguda de tensió:

La caiguda de tensió dels conductors es calcula segons les expressions presentades anteriorment. L'únic paràmetre variable que permet modificar la caiguda de tensió total del circuit és la secció del conductor, tots els altres paràmetres són fixos per cada circuit.

Per determinar la secció mínima d'un circuit monofàsic i de corrent continu, per no superar un valor de caiguda de tensió límit, s'utilitza la següent expressió:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{\text{circuit}} \cdot \rho_{90^\circ}}{e(\%) \cdot V} \cdot 100 \quad (11.15)$$

c) Criteri per elements de protecció

Aquest criteri defineix que el conductor seleccionat ha de complir unes premisses que s'obtenen a partir de l'element de protecció del circuit. Aquestes premisses són les següents:

$$I_{\text{circuit}} < I_N \quad (11.16)$$

$$1,1 \cdot I_N < I_{\text{max}} \quad (11.17)$$

On:

- I_{circuit} = Corrent pel que es dissenya el circuit (generalment el corrent nominal o el 125%)
- I_N = Corrent nominal de l'element de protecció del circuit
- I_{max} = Corrent màxim admissible del conductor del circuit

El procediment a seguir per fer el càlcul de secció de tots els conductor de la instal·lació és, per a cada corrent de circuit de cada circuit, calcular la secció mínima que ha de tenir el conductor per tenir una caiguda de tensió inferior al valor límit. Una vegada s'obté aquesta secció mínima s'escull la secció normalitzada immediatament superior. Amb aquesta secció escollida es mira la seva intensitat màxima, i si és superior a la intensitat que circularà pel circuit, únicament cal validar el conductor pel criteri de les proteccions del circuit.

És important destacar que pels ramals del camp fotovoltaic es pren com a corrent del circuit el corrent de curtcircuit dels panells fotovoltaics, ja que es suposa que és el corrent màxim que pot circular i la tensió de cada ramal es calcula a partir de la suma de tensions en el punt de màxima potència de tots els panells formen el ramal per obtenir la pitjor condició de treball possible.

Per les bateries i les entrades i sortides de corrent altern, es determina el corrent nominal del circuit a partir del corrent màxim admissible pels convertidors per aquests circuits, que s'obtenen de la fitxa tècnica.

Es procedeix a calcular les seccions dels conductors i a comprovar que es compleixen tots els requisits per cada tram de la instal·lació segons les característiques de cada circuit per les condicions de disseny de la instal·lació.

Taula 11.9 Valors d'entrada als càlculs

Circuit	Voltatge	I_N	I_{circuit}	I_N Protecció	Longitud
Ramals camp fotovoltaic	373 V	9,1 A	11,4 A	16 A	50 m
Bateries	48 V	50 A	62,5 A	63 A	10 m
Conductors AC	230 V	50 A	50 A	63 A	15 m

Taula 11.10 Resultats dels càlculs

Circuit	Secció	I_{\max}	$1,1 \cdot I_N$ Protecció	e C. Disseny	e C. Normals
Ramals camp fotovoltaic	6 mm ²	49 A	17,6 A	1,16 %	0,71 %
Bateries	50 mm ²	175 A	69,3 A	1,18 %	0,77 %
Conductors AC	16 mm ²	91 A	69,3 A	0,92 %	0,45 %

Es suposen condicions normals de funcionament quan els conductors treballen a 40°C (resistivitat pel coure val $1/54 \text{ ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$), quan els panells fotovoltaics treballen al punt de màxima potència, les bateries a corrent de càrrega màxima permesa i els conductors de corrent altern tenen un flux de 7 kW de potència (30,4 A).

Es compleixen tots els requisits imposats, per tant, es donen com a vàlides aquestes seccions pels conductors.

Finalment, es mostren a mode de resum els conductors a utilitzar pels diferents circuits.

Taula 11.11 Resum conductors a utilitzar

Circuit	Secció (mm ²)	Nomenclatura
Ramals camp fotovoltaic	6 mm ²	RZ1-K (AS) 1 kV unipolar
Bateries	50 mm ²	RZ1-K (AS) 1 kV unipolar
Conductors AC	16 mm ²	RZ1-K (AS) 1 kV unipolar

11.9. Sistemes de protecció.

Per assegurar el correcte funcionament de la instal·lació, de la xarxa de distribució on es connecta i per tal de protegir a les persones i dispositius de possibles accidents elèctrics, la instal·lació haurà de disposar d'uns adequats sistemes de protecció. Aquests sistemes de protecció compliran amb tots els requisits fixats pel RD 1663/200 sobre la connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa en baixa tensió, el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i el RD 244/2019 pel que es regulen les condicions de l'autoconsum d'energia elèctrica.

Les proteccions que s'instal·laran asseguraran el compliment dels següents requisits:

- Protecció contra contactes directes
- Protecció contra contactes indirectes
- Protecció contra sobreintensitats
- Protecció contra sobretensions
- Protecció en la interconnexió

Tots els elements de protecció que s'instal·laran a cada element de la micro-xarxa es resumeixen a continuació:

a) Proteccions en els panells fotovoltaics

Cada mòdul fotovoltaic disposarà de:

- Un díode by-pass connectat en paral·lel del mateix.
- Un díode de bloqueig en sèrie en cada ramal: aquests díodes limitaran el corrent en l'únic sentit que interessa de manera que en cas d'ombres parcials o errors de funcionament en un panell no afecti a la resta de la instal·lació.
- El marc d'alumini de tots els mòduls fotovoltaics, així com l'estructura de suport, es connectaran directament a la derivació a terra.

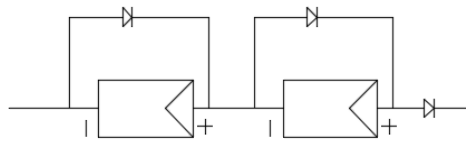


Figura 11-24 Díodes en panells fotovoltaics. Font pròpia

Cada ramal del camp fotovoltaic disposarà de:

- Un fusible de 16 A en sèrie del mateix.
- Un interruptor manual a l'entrada del convertidor d'almenys 16 A i amb aïllament d'almenys 500 V.
- Un descarregador de sobretensions transitòries que anirà connectat a la derivació a terra.

Els díodes by-pass es muntaran a la caixa exterior de continua on es farà la connexió de cada mòdul, mentre que tots els altres elements de protecció s'instal·laran adequadament a l'entrada del convertidor.

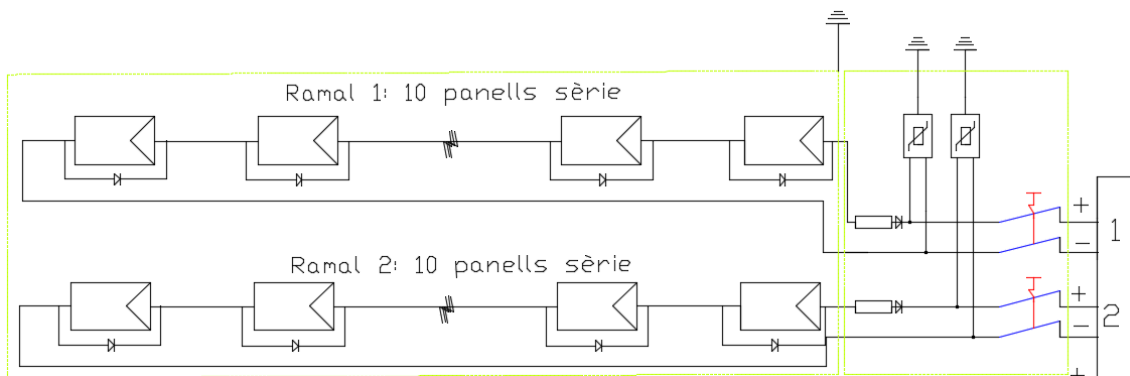


Figura 11-25 Ramals camp fotovoltaic. Font pròpia

b) Proteccions en les bateries

En el conductor de connexió de les bateries:

- Un fusible de protecció de sobreintensitats de 63 A a l'entrada de polarització positiva del convertidor.

Incorporat en l'inversor:

- Sensors de tensió i corrent per limitar la potència de càrrega i descàrrega i el nivell de càrrega mínima de les bateries.
- Una sonda de temperatura per mesurar la temperatura de les bateries i en cas de sobreescalfament controlar i limitar el seu ús.

c) Proteccions del convertidor

El convertidor fotovoltaic disposa de certes proteccions i sistemes de seguretat incorporats. Aquests són protecció de sobretensions a l'entrada de corrent altern, protecció diferencial per la sortida de corrent altern i seccionadors de corrent continu automàtics a les entrades del camp fotovoltaic.

- Totes les entrades i sortides del convertidor, excepte la posada a terra, tindran interruptors per protecció i per permetre la desconexió d'aquestes per realitzar tasques de manteniment o altres.

d) Proteccions en la interconnexió

La interconnexió entre la xarxa de distribució i el convertidor és un punt delicat que ha d'estar adequadament protegit i controlat en tot moment.

Per aquesta instal·lació és un requisit disposar d'un sistema que certifiqui el no abocament d'energia a la xarxa, a més de controlar la qualitat del corrent altern que genera el transformador, sent els paràmetres de control la freqüència (entre 49 Hz i 51 Hz) i la tensió (entre 0,85 i 1,1 vegades la tensió nominal). El convertidor que s'ha seleccionat certifica ambdues funcions, complint tots els requisits que estableix el RD 1699/2011 que regula la connexió a xarxa d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica, així com les modificacions introduïdes en el RD 413/2014 de 6 de juny.

- S'instal·larà un interruptor magnetotèrmic de 63 A amb un poder de tall de 12 kA a la sortida del comptador bidireccional de la companyia amb accés per part de la companyia subministradora.

A la sala tècnica on s'instal·len tots els dispositius de la instal·lació, es muntarà un quadre de protecció i maniobra a l'entrada de corrent altern procedent de la xarxa on s'instal·laran els següents dispositius:

- Un descarregador de sobretensions transitòries i descarregador de sobretensions permanents protegits amb un magnetotèrmic de 40 A.

- Un interruptor magnetotèrmic de 63 A.
- Un interruptor diferencial de 63 A amb sensibilitat de 30 mA.

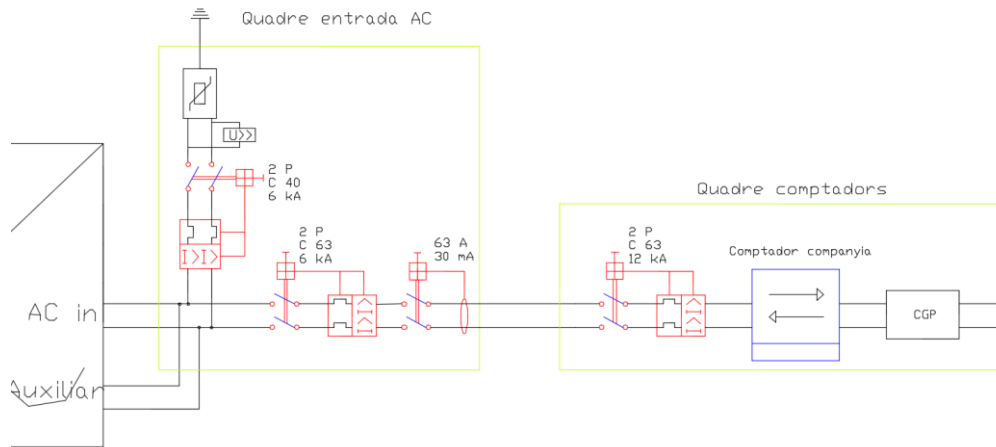


Figura 11-26 Esquema connexió a xarxa. Font pròpia

11.10. Posada a terra

Totes les masses de la instal·lació fotovoltaica, de la part de CC i de la part de CA, estaran connectades a una única xarxa de derivació a terra amb la finalitat de limitar la tensió respecte al terra de les masses metàl·liques i assegurar l'actuació de les proteccions. Aquesta derivació a terra serà independent de la del neutre de l'empresa distribuïdora d'acord amb el REBT.

La derivació a terra al que es connectaran tots els elements de la instal·lació dissenyada serà la mateixa derivació a terra que s'utilitzarà per tota la instal·lació elèctrica de l'habitatge.

12. MODELITZACIÓ DE LA MICRO-XARXA DISSENYADA

12.1. Modelització energètica de la micro-xarxa.

En aquesta part es realitza un estudi del funcionament en dies típics (valors mitjans de consum i irradiació solar) de la micro-xarxa a partir de simulacions igual que s'ha fet anteriorment, però ara introduint tots els components i mètodes de funcionament reals que s'han determinat.

També s'introdueix un rendiment elèctric del sistema que estima les pèrdues en el convertidor, conductors, brutícia en panells fotovoltaics, no idealitat de les bateries, etc., per simplificar el procediment i que la diferència del resultat no resulta significant, s'aplica el rendiment considerat a la potència fotovoltaica generada i es considera la resta del sistema com a ideal.

S'introdueixen els següents paràmetres al sistema:

- **Potència fotovoltaica instal·lada: 6,4 kW**
- **Capacitat total de les bateries en C24: 20,64 kWh**
- **Nivell de càrrega mínima de les bateries (SoC límit): 50%**
- **Potència de càrrega i descàrrega màxima de bateries: 2400 W**
- **Rendiment elèctric sistema: 87%**
- **Sistema de Gestió amb *peak shaving* i desplaçament de càrregues.**

A continuació es mostra, pels dies típics d'hivern laborable, hivern no laborable, estiu laborable i estiu no laborable el comportament de la micro-xarxa obtingut de les simulacions realitzades amb el codi creat per la ocasió al *Matlab*.

a) Hivern laborable

Considerant una potència límit del *peak shaving* de 600 W pels dies típics d'hivern laborables, s'obtenen els següents resultats en les simulacions de la micro-xarxa:

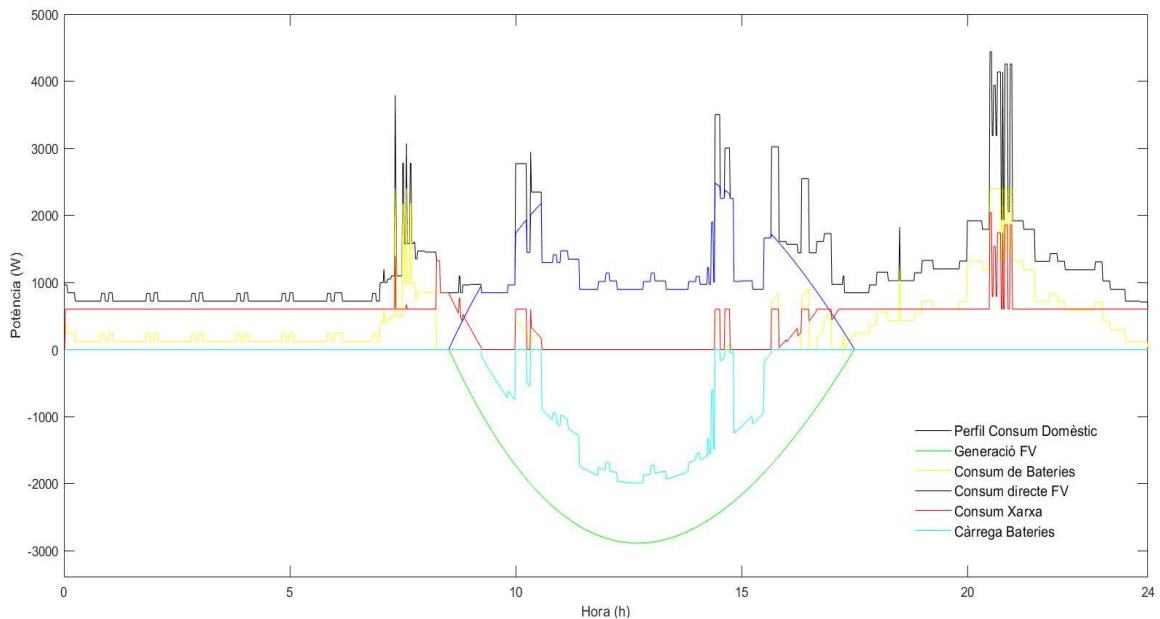


Figura 12-1 Fluxos potència micro-xarxa, en negatiu és generació d'energia FV

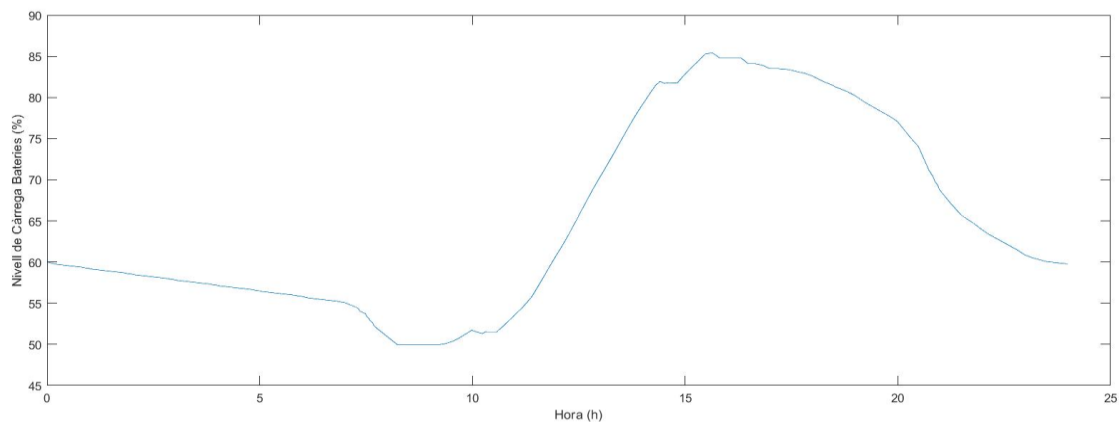


Figura 12-2 Nivell de càrrega bateries al llarg del dia

Taula 12.1 Resum simulació hivern laborable

Total En. Consumida	28,33 kWh	Pic màx. consum	4,44 kW
Total En. Generada	17,22 kWh	Pic màx. Xarxa	2,04 kW
En. FV Excedent	0	SoC màxim	85,4 %
SoC inici i fi dia	60 %	SoC mínim	50 %

b) Estiu laborable

Considerant una potència límit del *peak shaving* de 0 W pels dies típics d'estiu laborables, s'obtenen els següents resultats en les simulacions de la micro-xarxa:

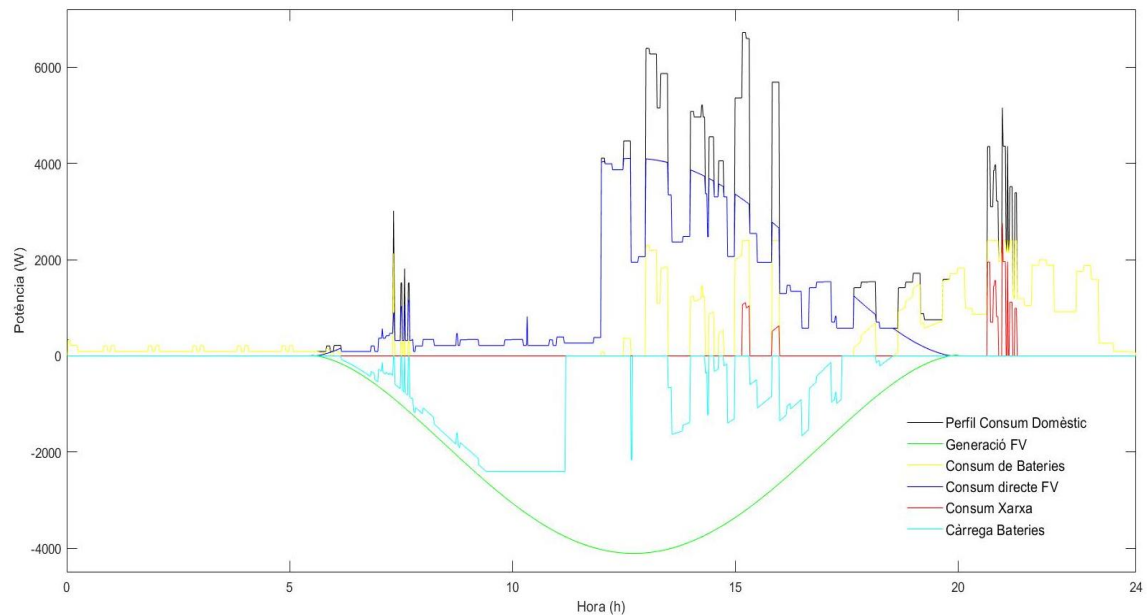


Figura 12-3 Fluxos potència micro-xarxa, en negatiu és generació d'energia

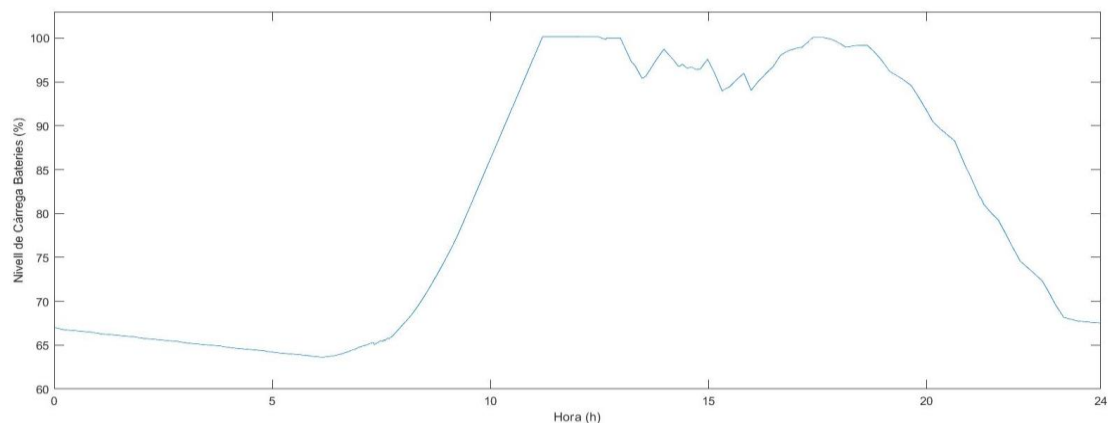


Figura 12-4 Nivell de càrrega bateries al llarg del dia

Taula 12.2 Resum simulació estiu laborable

Total En. Consumida	28,23 kWh	Pic màx. consum	6,718 kW
Total En. Generada	32,23 kWh	Pic màx. Xarxa	2,755 kW
En. FV Excedent	4,783 kWh	SoC màxim	100 %
SoC inici i fi dia	67 %	SoC mínim	63,6 %

c) Hivern no laborable

Considerant una potència límit del *peak shaving* de 750 W pels dies típics d'hivern no laborables, s'obtenen els següents resultats en les simulacions de la micro-xarxa:

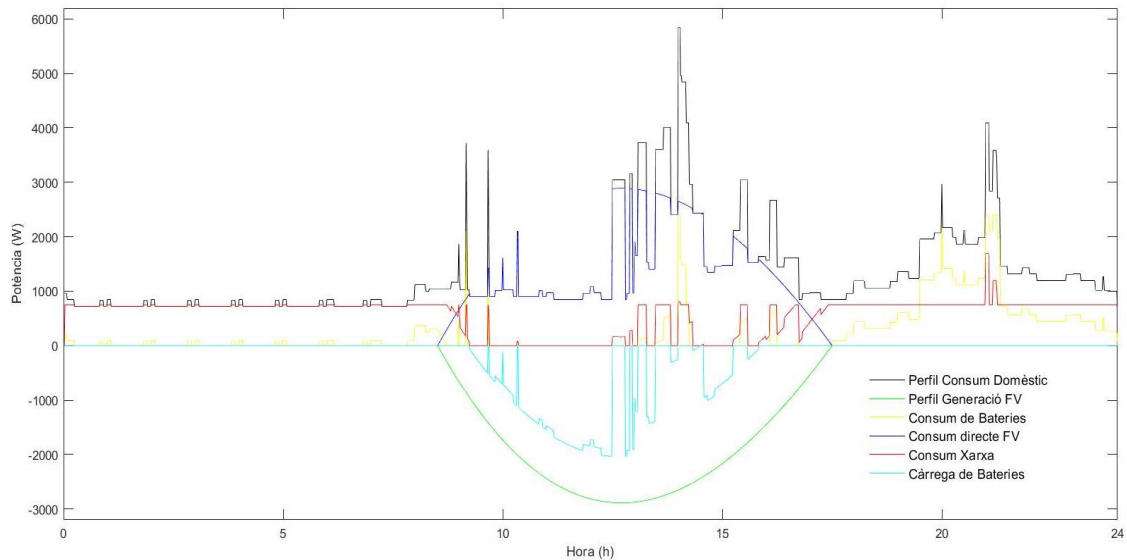


Figura 12-5 Fluxos potència micro-xarxa, en negatiu és generació

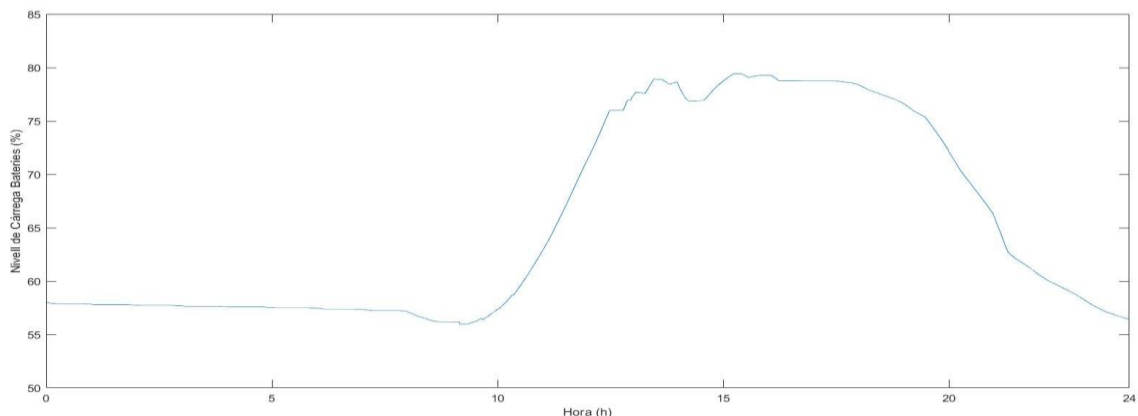


Figura 12-6 Nivell de càrrega bateries al llarg del dia

Taula 12.3 Resum simulació hivern no laborable

Total En. Consumida	30,839 kWh	Pic màx. consum	5,85 kW
Total En. Generada	17,22 kWh	Pic màx. Xarxa	1,691 kW
En. FV Excedent	0	SoC màxim	79,4 %
SoC inici i fi dia	58 %	SoC mínim	55,9 %

d) Estiu no laborable

Considerant una potència límit del *peak shaving* de 0 W pels dies típics d'estiu no laborables, s'obtenen els següents resultats en les simulacions de la micro-xarxa:

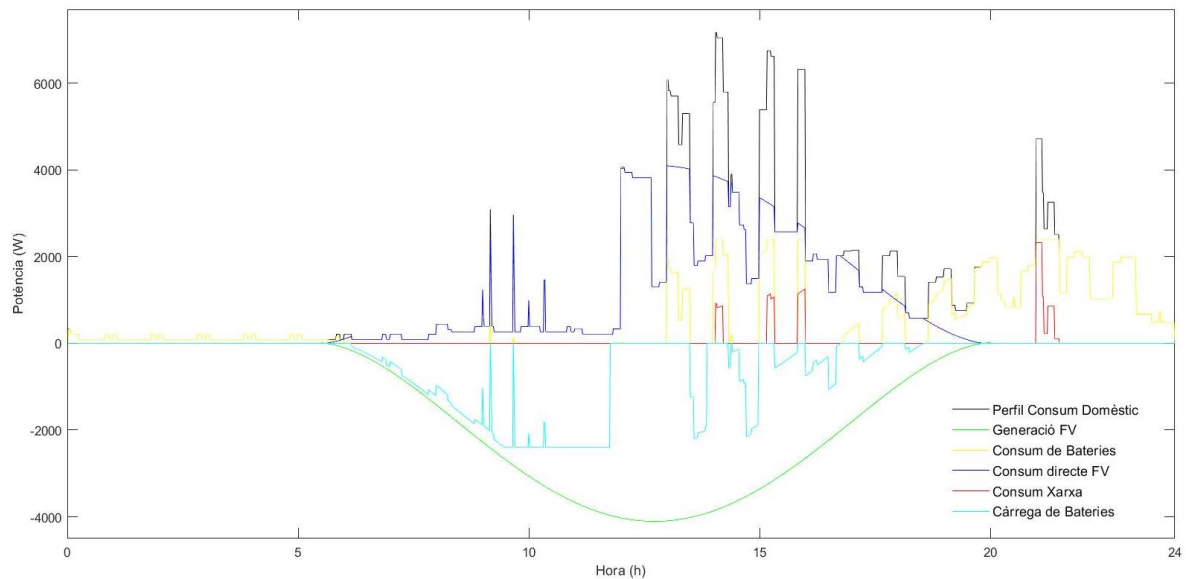


Figura 12-7 Fluxos potència micro-xarxa, en negatiu és generació

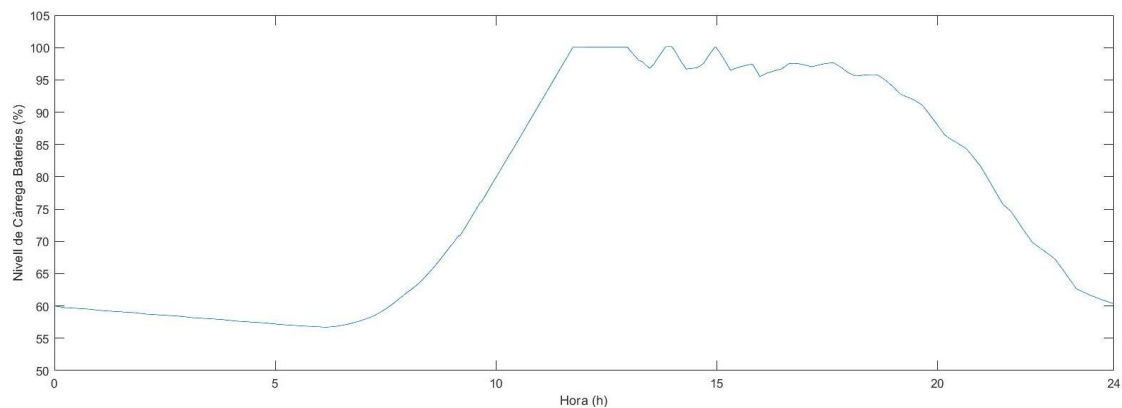


Figura 12-8 Nivell de càrrega bateries al llarg del dia

Taula 12.4 Resum simulació estiu no laborable

Total En. Consumida	29,36 kWh	Pic màx. consum	7,1 kW
Total En. Generada	32,23 kWh	Pic màx. Xarxa	2,32 kW
En. FV Excedent	3,85 kWh	SoC màxim	100 %
SoC inici i fi dia	60 %	SoC mínim	56,6 %

S'observa com per tots els casos estudiats el sistema treballa adequadament, sense sobrepassar cap límit i tenint suficient energia en tot moment. El nivell de potència límit del *peak shaving* s'ha establert perquè el sistema treballi de manera òptima. A més, el sistema únicament té energia excedent en estiu i gràcies a la bona gestió dels fluxos de potència, aquesta energia excedent és mínima.

12.2. Modelització econòmica.

En aquest apartat es modelitzarà la micro-xarxa per obtenir una previsió del cost aproximat de les factures elèctriques de l'habitatge amb la micro-xarxa implementada o si no es disposés de generació d'energia fotovoltaica ni un sistema de gestió d'energia. L'objectiu d'obtenir aquesta informació és per poder fer una previsió del temps d'amortització de la inversió de la instal·lació.

El càlcul de la factura elèctrica es fa igual que s'ha detallat anteriorment, les factures es fan per mensualitats suposant 30 dies iguals a cada tipus de dia que s'estudia. Els preus i paràmetres definits al sistema són els següents:

- **Potència elèctrica contractada: 3,45 kW**
- **Potència elèctrica contractada sense generació fotovoltaica: 8,05 kW**
- **Preu per potència contractada: 0,134155 €/kW per dia**
- **Preu energia consumida sense discriminació horària: 0,146795 €/kWh**
- **Preu energia consumida en hora punta: 0,158 €/kWh**
- **Preu energia consumida en hora vall: 0,08 €/kWh**
- **Altres imports: +5,5%**
- **IVA: +21%**

Taula 12.5 Factures mensuals per diferents opcions

Tipus de dia	Amb micro-xarxa	Sense generació FV ni DH
Hivern laborable	63,80 €	200,60 €
Hivern no laborable	73,83 €	214,73 €
Estiu laborable	23,29 €	200,06 €
Estiu no laborable	24,23 €	206,44 €

Seguidament, per calcular el cost total d'electricitat per tot l'any es suposa que l'any té la meitat de dies d'hivern i la meitat de dies d'estiu. I que la proporció de dies laborables és de 5 per cada 7 i per dies no laborables és de 2 per cada 7. Aleshores, per calcular el cost de les factures elèctriques de tot l'any s'utilitza la següent expressió:

$$\begin{aligned} \text{€Any} = 12 \cdot \left(\text{€HivLab} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{7} + \text{€EstLab} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{7} + \text{€HivNoLab} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{7} + \text{€EstNoLab} \right. \\ \left. \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{7} \right) \end{aligned} \quad (12.1)$$

S'obtenen els següents imports:

Taula 12.6 Total import anual aproximat de les factures elèctriques

Concepte	Import anual
Amb la micro-xarxa dissenyada	541,35 €
Sense generació FV ni DH	2439,12 €
Estalvi total	1897,77 € (77,81%)

13. PRESSUPOST DEL PROJECTE

A continuació es detalla el pressupost total per realitzar la instal·lació del sistema de generació fotovoltaica amb tots els elements necessaris per obtenir un eficient sistema de gestió d'energia. No es consideren en el pressupost els criteris de reducció de consum energètic de l'habitatge, ja que al tractar-se d'una vivenda de nova construcció es suposen despeses de la construcció que no es valoren per ser molt difícil de quantificar la inversió inicial extra i l'estalvi mensual que aporten.

Capítol 1.- Subministrament material elèctric de la instal·lació				
Núm.	Descripció	Preu unitari	ut./m.	Import
1.1	Mòduls fotovoltaics policristal·lins Csun 320-72P	181,27	20	3.625,40 €
1.2	Bateries estacionàries Exide OPzS Solar 550	156,73	24	3.761,52 €
1.3	Convertidor estàtic Ingecon Sun Storage 1Play 6TL	2142,44	1	2.142,44 €
1.4	Gestor d'energia Ingecon Sun EMS Board	276,89	1	276,89 €
1.5	Vatímetre complementari Ingecon Sun EMS Board	91,37	1	91,37 €
1.6	Barres d'alumini en metres amb accessoris per estructura de suport	3,35	70	234,50 €
1.7	Conductor unipolar negre 6mm ² RZ1-K (AS)	0,62	100	62,00 €
1.8	Conductor unipolar vermell 6mm ² RZ1-K (AS)	0,62	100	62,00 €
1.9	Conductor unipolar negre 50mm ² RZ1-K (AS)	4,84	10	48,40 €
1.10	Conductor unipolar vermell 50mm ² RZ1-K (AS)	4,84	10	48,40 €
1.11	Conductor unipolar blau 16mm ² RZ1-K (AS)	1,62	45	72,90 €
1.12	Conductor unipolar gris 16mm ² RZ1-K (AS)	1,62	45	72,90 €
1.13	Conductor unipolar de terra 16mm ² RZ1-K (AS)	1,62	50	81,00 €
1.14	Tub rígida PVC canalitzacions de 32mm amb colzes i maneguets	0,82	50	41,00 €
1.15	Díodes de protecció mòduls 16 A 500V	1,23	22	27,05 €
1.16	Caixes de connexió exteriors PVC 100x100	2,64	20	52,80 €
1.17	Quadres de protecció i maniobra interiors 1 fila i 12 mòduls	28,16	3	84,48 €
1.17	Fusibles de protecció cilíndrics 16A amb porta fusibles	4,41	2	8,82 €
1.18	Interruptor manual DC 500V	9,56	2	19,12 €
1.19	Fusible de protecció cilíndric 63A amb porta fusibles	7,38	1	7,38 €
1.20	Descarregador de sobretensions transitòries	53,71	3	161,13 €
1.21	Descarregador de sobretensions permanents	51,08	1	51,08 €
1.22	Interruptor magnetotèrmic C40 2P	22,13	1	22,13 €
1.23	Interruptor magnetotèrmic C63 2P	28,69	3	86,07 €
1.24	Interruptor diferencial 63 A 30mA	52,29	2	104,58 €
1.25	Altres materials varis necessaris per la instal·lació	85,00	1	85,00 €
SUBTOTAL CAPÍTOL 1				11.330,35 €

Capítol 2.- Muntatge i posta en marxa				
Núm.	Descripció	Preu unitari	ut./m.	Import
2.1	Mà d'obra pel muntatge del camp fotovoltaic amb estructura de suport i col·locació de bateries i convertidor estàtic	550,00	1	550,00 €
2.2	Mà d'obra per realitzar tota la instal·lació elèctrica i connexionat de tots els elements i dispositius de la instal·lació	500,00	1	500,00 €
2.3	Posta en marxa del sistema, amb programació dels equips i software de monitorització i control	250,00	1	250,00 €
SUBTOTAL CAPÍTOL 2				1.300,00 €

Capítol 3.- Seguretat i salut				
Núm.	Descripció	Preu unitari	ut./m.	Import
3.1	Partida corresponent a la seguretat i salut de l'obra	500,00	1	500,00 €
SUBTOTAL CAPÍTOL 3				500,00 €

RESUM PRESSUPOST TOTAL		
Núm.	Descripció	Import
1.0	Capítol 1.- Subministrament material elèctric de la instal·lació	11.330,35 €
2.0	Capítol 2.- Muntatge i posta en marxa	1.300,00 €
3.0	Capítol 3.- Seguretat i salut	500,00 €
SUBTOTAL (sense IVA)		13.130,35 €
Permís d'obra ajuntament (3%)		393,91 €
Despeses Generals (13%)		1.706,95 €
Benefici Industrial (6%)		787,82 €
TOTAL PRESSUPOST (sense IVA)		16.019,02 €
TOTAL PRESSUPOST (21% IVA)		19.383,02 €

El pressupost total de la instal·lació amb IVA inclòs és de dinou mil tres-cents vuitanta-tres amb dos cèntims d'euro.

14. ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA

Com s'ha explicat anteriorment, un dels objectius d'aquesta instal·lació és obtenir un estalvi econòmic en les factures elèctriques de manera que la inversió inicial surti rentable al final de la vida útil d'aquesta.

L'estudi de viabilitat econòmica es duu a terme fent un estudi dels costos i estalvi que aporta la instal·lació al llarg de la seva vida útil, que es considera de 20 anys.

- **Costos:** Els costos de la instal·lació és la inversió inicial que s'ha determinat anteriorment, a més, es suposa un cost de manteniment anual de 20€ per cada kW de panells fotovoltaics instal·lats.
- **Estalvi:** Quantitat que s'estalvia en factures elèctriques implementat el sistema de generació amb el sistema de gestió dissenyat. L'estalvi es veu afectat per la pèrdua de rendiment de la instal·lació de generació (es suposa un 1% anual) i per la variació del preu d'electricitat en els propers anys.
- **Benefici anual:** El resultat que s'obté al realitzar la següent operació:

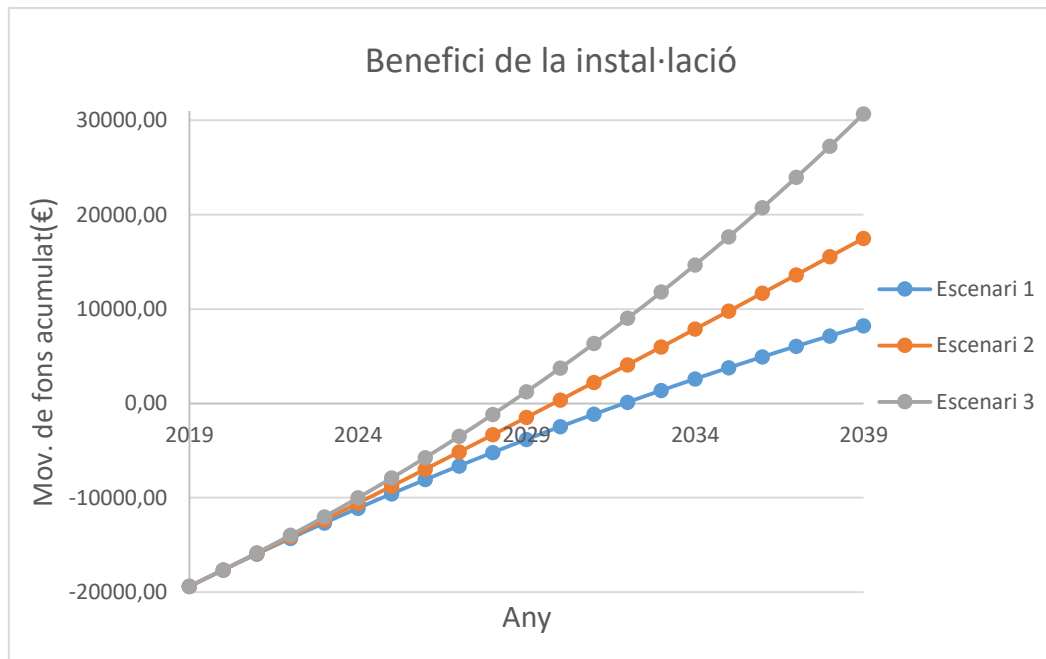
$$\text{Benefici anual} = \text{Estalvi anual} - \text{Cost anual} \quad (14.1)$$

Per determinar la viabilitat econòmica de la instal·lació es prenen tres escenaris diferents, considerant en cadascun diferents variacions del preu d'electricitat en els propers 20 anys. En tots els escenaris es considera una inflació dels preus (IPC) de l'1,5% anual. A continuació es procedeix a fer un estudi de rendibilitat de la instal·lació a partir del benefici anual, mitjançant l'estudi del moviment de fons anual i el moviment de fons acumulat actualitzat. Els càlculs s'han realitzat amb l'eina de càlcul d'*Excel* que s'ha fet per aquest estudi.

La taula amb l'estudi dels beneficis anuals de la instal·lació s'adjunta a l'annex.

- a) **Escenari 1:** El preu de l'electricitat es manté constant (visió optimista de cara al futur)
- b) **Escenari 2:** El preu de l'electricitat augmenta un 3% anual (el que s'espera de cara al futur)
- c) **Escenari 3:** El preu de l'electricitat augmenta un 6% anual (visió pessimista de cara al futur)

S'obté la següent gràfica per observar l'evolució de la rendibilitat de la instal·lació al llarg de la seva vida útil (considerant inflació, pèrdua de rendiment i els diferents escenaris).


Figura 14-1 Estudi viabilitat econòmica de la instal·lació

Els resultats que s'extrauen d'aquest estudi i que determinen la viabilitat de la instal·lació per cada cas són:

Taula 14.1 Resultats estudi econòmic

	Temps d'amortització	Benefici als 20 anys
Escenari 1	12 anys	8.231,71 €
Escenari 2	10 anys	17.505,48 €
Escenari 3	9 anys	30.696,48 €

Per tots els casos s'obté un ampli benefici al llarg de la seva vida útil i un temps d'amortització de la instal·lació d'entre 12 i 9 anys, pel que es considera que la instal·lació és viable econòmicament.

15. ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL

Tot i que s'ha explicat fins el moment que aplicant totes les mesures vistes es millora el comportament energètic de l'habitatge i comporta molts beneficis ambientals, la instal·lació d'un sistema de generació fotovoltaica amb tot l'equipament que això comporta també té certs impactes ambientals negatius que cal analitzar.

En primer lloc, s'analitzen les principals avantatges ambientals que presenta una instal·lació de generació fotovoltaica:

- Es disminueix la dependència de fonts fòssils per satisfer la demanda energètica de l'habitatge, contribuint a la implantació d'un sistema energètic renovable i sostenible a llarg termini.
- No s'emeten gasos d'efecte hivernacle (CO_2 , NO_x , SO_x).
- Baixa producció de residus contaminants durant la fase d'explotació.

A continuació, la resta d'impactes ambientals que cal considerar en la realització d'una instal·lació de generació d'energia fotovoltaica com la estudiada:

- **Ús del terreny:** En el cas de la instal·lació d'estudi, al realitzar-se en el terrat no afecta a la pèrdua de terreny que podria afectar a la pèrdua d'hàbitat natural.
- **Ús de matèria prima i tractament:** Tot i que la producció d'energia fotovoltaica és neta, la construcció dels mòduls fotovoltaics, convertidors, bateries i elements de distribució i protecció requereixen de grans quantitats de matèria prima com ara silici, plom, liti, coure, alumini, etc. A més, tota aquesta matèria prima requereix una quantitat considerable d'energia necessària pel seu tractament per construir els elements desitjats i posterior distribució que no pot ser ignorada.
- **Ús de materials perillosos:** Els processos de fabricació de tots els components que s'han explicat comporta l'ús de materials perillosos, generalment químics tòxics que si entren en contacte amb el medi natural comporten riscos ambientals. Tot i això, si es compara l'ús d'aquests materials amb els de centrals de generació d'energia convencionals, els resultats són molt més favorables per les instal·lacions fotovoltaiques.
- **Impacte visual:** Un efecte important en les instal·lacions fotovoltaiques és el seu impacte visual. Generalment és difícil integrar les instal·lacions fotovoltaiques a construccions, pel que actualment és habitual instal·lar panells fotovoltaics que disposin d'un cert disseny que els faci més atractius i no tinguin un impacte visual tan alt com els convencionals. Per aquest habitatge, l'impacte visual serà mínim ja que al situar-se sobre el terrat i tenir una altura considerable, quasi no es veuran els mòduls fotovoltaics.
- **Final de vida útil:** Al final de la vida útil de tots els elements emprats s'ha d'estudiar les possibilitats que presenten de cara a ser reciclats o reutilitzats. És recomanable portar tots els elements deteriorats a deixalleries preparades per tractar tots aquests materials adequadament.

Pel que fa al consum d'energia elèctrica de la xarxa convencional de l'habitatge, amb la instal·lació del sistema de generació fotovoltaica i el sistema de gestió dissenyat en comptes de consumir una totalitat d'uns 10512 kWh al cap de l'any, únicament se'n consumeixen 2312 kWh procedents de la xarxa, la resta d'energia consumida és produïda per la instal·lació de generació fotovoltaica (8200 kWh).

Segons valors facilitats en una factura de la companyia subministradora, s'estima que per la producció de cada kilowatt hora de la xarxa de distribució es generen 0,39 kg de diòxid de carboni, mentre que s'estima que la generació d'energia fotovoltaica genera 0,11 kg de CO₂ (procedents de la fabricació i distribució de tots els components), d'aquesta manera, gràcies a la instal·lació adoptada en la instal·lació, s'estalviaran aproximadament 2.296 kg de CO₂ anuals (1804 kg en comptes de 4.100 kg), el que suposa una reducció d'aproximadament el 56% d'emissions de CO₂.

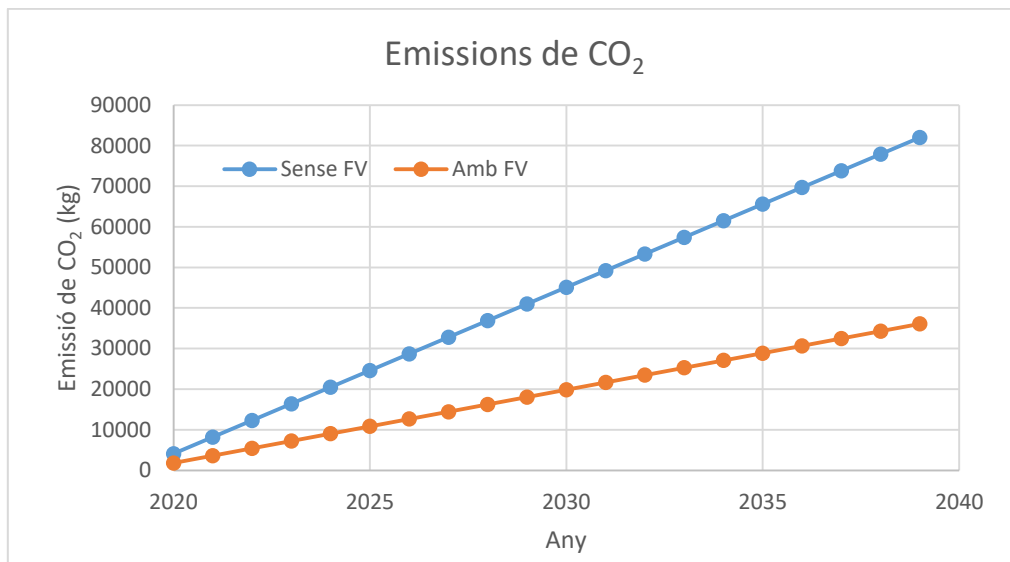


Figura 15-1 Comparació d'emissions CO₂ habitatge amb i sense micro-xarxa

16. CONCLUSIONS

Per finalitzar l'estudi portat a terme, es presenten una sèrie de valoracions tant de caràcter personal com des d'una perspectiva objectiva a base de conclusions per resumir els resultats que s'han obtingut en l'elaboració del mateix.

En primer lloc i com a valoració personal, es considera que en l'elaboració del treball s'ha seguit un mètode de treball com s'havia planificat, seguint un ordre establert inicialment i controlant els temps de dedicació per cada part del treball per arribar bé a la data límit d'entrega.

Personalment, es creu que s'ha assolit el nivell de qualitat del treball que s'esperava, així com adquirint a partir de la recerca d'informació, un coneixement sobre les micro-xarxes, instal·lacions amb generació fotovoltaica i en tots els aspectes tècnics, econòmics i ambientals que suposen. També es valora la capacitat adquirida per prendre decisions tècniques que han anat sorgint al llarg del treball, similars a les decisions a les que està exposat un enginyer en el seu dia a dia.

Des d'una perspectiva energètica, s'ha assolit l'objectiu de determinar uns criteris viables per reduir i optimitzar el consum energètic de l'habitatge. Sobretot, destaca el fet de que amb la instal·lació del sistema de generació d'energia fotovoltaica la vivenda únicament consumirà aproximadament 2312 kWh anuals procedents de la xarxa de distribució en comptes de 10512 kWh, el que dona a lloc que l'habitatge farà un ús del 78% d'energia renovable i únicament un 22% de l'energia consumida serà procedent de la xarxa de distribució.

Com a valoracions econòmiques, s'ha determinat que tots els criteris implementats són viables econòmicament i que el temps d'amortització de la instal·lació és d'aproximadament 10 anys, el que es considera un resultat molt favorable sabent que la vida útil aproximada d'aquesta instal·lació és d'uns 20 anys. A més a més, gràcies a l'estudi de les tarifes de les companyies subministradores d'electricitat, s'ha aconseguit determinar una notable reducció en l'import de les factures elèctriques mensuals de la vivenda a partir de la contractació de tarifes amb discriminació horària i determinant una potència a contractar òptima.

En l'aspecte medi ambiental s'aconsegueix reduir considerablement l'emissió de gasos d'efecte hivernacle i la petjada de carboni de l'habitatge, el que afavoreix a una evolució cap a la sostenibilitat del planeta. Concretament, s'ha calculat que en la vida útil de la instal·lació es poden evitar emetre fins a 45.920 kg de CO₂, el que suposa una reducció del 56% respecte a si no es duguessin a terme totes aquestes mesures.

Finalment, com a conclusió final i des d'una visió general, s'han assolit tots els objectius que s'havien presentat inicialment, obtenint uns resultats molt favorables en tots els aspectes considerats i que asseguren la viabilitat de tots els criteris d'optimització d'ús i de reducció de consum energètic en l'habitatge d'estudi.

17. CONTINUACIÓ DEL TREBALL

Un estudi d'optimització com el que s'ha portat a terme, quasi mai es pot donar com a finalitzat ja que generalment sempre serà possible millorar alguns aspectes per seguir millorant tant el funcionament com l'eficiència del sistema estudiat, a més, això també és el que diu la norma UNE 50001 que s'ha seguit.

Pel cas de la vivenda d'estudi, s'han determinat una sèrie de criteris i aspectes que es poden considerar de cara a millorar el funcionament futur de la instal·lació, aquests s'enumeren a continuació:

1. Primerament, el propietari de la instal·lació haurà d'estar sempre atent al marc regulador de les instal·lacions d'aquest tipus, ja que a nivell estatal aquest marc està patint molts de canvis i tot apunta a que seguirà variant en els propers anys. Per exemple, un canvi en la llei d'autoconsum que imposés un canvi en el mecanisme de compensació actual i es contemplés la possibilitat d'injectar i absorbir energia de la xarxa al mateix preu (o bé amb el sistema de *net metering*), donaria lloc a la possible millora de que l'habitatge passés a treballar sense el sistema d'acumulació i intercanviant energia directament amb la xarxa de distribució.
2. En segon lloc, quan la família ja visqui a l'immoble, serà molt recomanable dur a terme un estudi per determinar el perfil del consum domèstic exacte pels diferents dies i situacions de l'any. D'aquesta manera, es tindran les corbes de consums exactes i es permetrà estudiar les millores del sistema de gestió d'energia amb uns valors totalment reals i fiables.
3. També serà molt recomanable que en els primers mesos que la família visqui a l'habitatge facin un intens seguiment diari de l'estat de la micro-xarxa, sobretot veient les corbes de generació reals, corbes de consum de la xarxa i veure el nivell de la bateria. D'aquesta manera, es podran definir a partir de l'experiència i valors reals de la micro-xarxa uns criteris adequats per modificar la potència límit del *peak shaving* implementat i poder determinar per cada dia segons la previsió meteorològica i de consums, la potència límit que determinarà el funcionament òptim de la micro-xarxa.
4. Un aspecte de millora seria incrementar les funcions del sistema de gestió d'energia. És a dir, que el mateix sistema a partir de previsions meteorològiques i de consums, determinés automàticament el nivell de potència límit del *peak shaving*, o bé que a partir de la instal·lació d'una sèrie d'interruptors en les càrregues no prioritàries, el mateix sistema les controlés automàticament segons les polítiques energètiques de *load shifting* i *load shedding*.
5. Com a criteris de reducció del consum energètic, es podrien implementar sistemes bàsics de domòtica com els que s'han presentat anteriorment, així com totes les altres mesures explicades en el mateix punt que no s'hagin implementat en la construcció de l'immoble.

REFERÈNCIES I BIBLIOGRAFIA

- [1] E. E. C. De, "MICRO-RED INTELIGENTE Temario Introducción : El cambio de paradigma," 2018.
- [2] D. Boroyevich, I. Cvetkovic, R. Burgos, and D. Dong, "Intergrid: A future electronic energy network?," *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Power Electron.*, vol. 1, no. 3, pp. 127–138, 2013.
- [3] M. F. Zia, E. Elbouchikhi, and M. Benbouzid, "Microgrids energy management systems: A critical review on methods, solutions, and prospects," *Appl. Energy*, vol. 222, no. May, pp. 1033–1055, 2018.
- [4] N. Hatziargyriou, *Microgrid: Architecture and Control*, vol. 1, no. 1. 2014.
- [5] D. Rekioua and E. Matagne, *Optimization of Photovoltaic Power Systems. Modelization, Simulation and Control*. London: Springer, 2012.
- [6] R. Piqué, "Material Docent-Capítol 10. Control de sistemes energètics basats en microxarxa." p. 76, 2017.
- [7] M. Sechilariu and F. Locment, *Urban DC microgrid : intelligent control and power flow optimization*,. Compiègne: Elsevier, 2016.
- [8] G. Velasco, F. Casellas, F. Guinjoan, H. Martinez, and R. Pique, "Grid-PV-diesel hybrid system management application to MED-Solar Project scenarios," *2015 IEEE 15th Int. Conf. Environ. Electr. Eng. EEEIC 2015 - Conf. Proc.*, pp. 713–718, 2015.
- [9] "Sankey Diagrams," 1393. [Online]. Available: <http://www.sankey-diagrams.com/TAG/ENERGY-LOSS/>. [Accessed: 11-Feb-2019].
- [10] "Osceola Energy." [Online]. Available: <https://osceolaenergy.com/>. [Accessed: 10-Feb-2019].
- [11] "UNE-EN ISO 50001:2011." Asociación Española de Normalización y Certificación, 2011.
- [12] O. E. D. Carlos Héctor Chamocho, Héctor Raúl Torres, Humberto Arturo, "Propuesta de mejora del proceso de carga de combustibles líquidos en camiones cisterna en un terminal de almacenamiento de combustible," pp. 1–10, 2019.
- [13] Government of Spain, "Ley 24/2013, de 26 de Diciembre, del Sector Eléctrico.," *Boletín Of. Estado*, vol. 310, pp. 105198–105294, 2013.
- [14] Government of Spain, "Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.," *Boletín Of. del Estado*, vol. 242, pp. 97430–97467, 2018.
- [15] E. y T. Ministerio de Industria, "Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica," pp. 690–695, 2019.
- [16] C. N. de la Energía, "Informe sobre las propuestas de real decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con

- autoconsumo RD 900/2015," pp. 1–31, 2015.
- [17] *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.
- [18] "Barbercoll." [Online]. Available: <https://www.barbercoll.com/que-es-el-autoconsumo-solar/>. [Accessed: 04-Feb-2019].
- [19] J. de la Hoz Casas, *Guia de disseny Centrales Eléctricas. Aplicación a las instalaciones Fotovoltaicas*. Barcelona.
- [20] "PVGIS." [Online]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>. [Accessed: 04-May-2019].
- [21] C. Author *et al.*, "Natural and environment favourable Dye Used as Light Sensitizer in Dye Sensitized Solar Cell: A Critical Review," *J. Mater. Sci. Surf. Eng.*, vol. 5, no. 103, pp. 722–728, 2017.
- [22] "Batteries Exide Classic Solar Data sheet." .
- [23] "Battery University." [Online]. Available: <https://batteryuniversity.com/>. [Accessed: 01-Mar-2019].
- [24] Ministerio de Vivienda, "Código Técnico de la Edificación Partes I y II," p. 1061, 2006.
- [25] P. GAD, "Proyecto GAD," 2013.
- [26] S. Barker, A. Mishra, D. Irwin, P. Shenoy, and J. Albrecht, "SmartCap: Flattening peak electricity demand in smart homes," *2012 IEEE Int. Conf. Pervasive Comput. Commun. PerCom 2012*, no. March, pp. 67–75, 2012.
- [27] P. Vasquez, "Usa la energía con cabeza, REE." Red Eléctrica de España, p. 12, 2010.
- [28] Institute for Energy Diversification and Saving - IDAE, "Analysis of the Energetic Consumption of the Residential Sector in Spain," p. 76, 2011.
- [29] Ministerio de la Presidencia, "REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios," *Real Decreto*, pp. 207 (35931-35984), 2007.
- [30] UE, "Reglamento UE 2017/1369 del Parlamento Europeo y del Consejo de 2017/07/04 por el que se establece un marco para el etiquetado energético y se deroga la Directiva 2010/30/UE," *D. Of. al Unión Eur.*, vol. 2017, no. 4, p. L 198/1-23, 2017.
- [31] "European Commission." [Online]. Available: https://ec.europa.eu/commission/index_es. [Accessed: 07-Mar-2019].
- [32] "Domuino." [Online]. Available: <http://www.domuino.es/>. [Accessed: 27-Mar-2019].
- [33] M. H. Alham, M. Elshahed, D. K. Ibrahim, and E. E. D. A. El Zahab, "Optimal operation of power system incorporating wind energy with demand side management," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [34] P. Penkey, S. Member, N. Gaul, S. Member, M. Phillips, and S. Member, "Critical Load Serving Capability by Optimizing Microgrid Operation," pp. 6–11.

- [35] D. Menniti, C. Picardi, A. Pinnarelli, and D. Sgro, "Application of a Suitable Control Strategy for Grid-Connected Inverters to the Power Management of a Microgrid," *Distrib. Gener.*, no. May 2014, 2012.
- [36] G. Velasco, F. Casellas, F. Guinjoan, R. Pique, and H. Martinez, "Peak Shaving en Palestina mediante generación fotovoltaica y baterías," *Semin. Anu. Automática, Electrónica Ind. e Instrumentación*, pp. 176–181, 2015.
- [37] Y. Riesen, P. Ding, S. Monnier, N. Wyrsh, and C. Ballif, "Peak Shaving Capability of Household Grid-Connected PV-System With Local Storage: A Case Study," *28th Eur. Photovolt. Sol. Energy Conf. Exhib.*, pp. 3740–3744, 2013.
- [38] J. V. Paatero and P. D. Lund, "A model for generating household electricity load profiles," *Int. J. Energy Res.*, vol. 30, no. 5, pp. 273–290, 2006.
- [39] C. Wimmmler, G. Hejazi, E. De Oliveira Fernandes, C. Moreira, and S. Connors, "Impacts of Load Shifting on Renewable Energy Integration," *Energy Procedia*, vol. 107, no. September 2016, pp. 248–252, 2017.
- [40] Y. Rebours and D. Kirschen, "What is spinning reserve?," *Univ. Manchester*, pp. 1–11, 2005.
- [41] M. A. Hossain, H. R. Pota, M. J. Hossain, and F. Blaabjerg, "Evolution of microgrids with converter-interfaced generations: Challenges and opportunities," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 109, no. October, pp. 160–186, 2019.
- [42] Núm, "Boletín Oficial Del Estado corrección," pp. 690–695, 2019.
- [43] M. de Economía, "Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica," *Boletín Of. del Estado*, vol. 268, pp. 40618–40629, 2001.
- [44] M. Pipattanasomporn, M. Kuzlu, S. Rahman, and Y. Teklu, "Load profiles of selected major household appliances and their demand response opportunities," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 5, no. 2, pp. 742–750, 2014.
- [45] S. Barker, S. Kalra, D. Irwin, and P. Shenoy, "Empirical characterization and modeling of electrical loads in smart homes," *2013 Int. Green Comput. Conf. Proceedings, IGCC 2013*, 2013.
- [46] Z. Kang, M. Jin, and C. J. Spanos, "Modeling of end-use energy profile: An appliance-data-driven stochastic approach," *IECON Proc. (Industrial Electron. Conf.)*, pp. 5382–5388, 2014.
- [47] R. Yao and K. Steemers, "A method of formulating energy load profile for domestic buildings in the UK," *Energy Build.*, vol. 37, no. 6, pp. 663–671, 2005.
- [48] J. Llanos, D. Sáez, R. Palma-Behnke, A. Núñez, and G. Jiménez-Estévez, "Load profile generator and load forecasting for a renewable based microgrid using Self Organizing Maps and neural networks," *Proc. Int. Jt. Conf. Neural Networks*, no. February 2016, 2012.
- [49] N. Pflugradt and U. Muntwyler, "Synthesizing residential load profiles using behavior

- simulation,” *Energy Procedia*, vol. 122, pp. 655–660, 2017.
- [50] CSUN, “CSUN320-72p data sheet,” 2017.
- [51] P. G. Gómez, *Libro Blanco de las Energías Renovables*, 18.1. SALVADOR ESCODA S.A., 2017.
- [52] Hoppecke, “Installation , commissioning and operating instructions.” .
- [53] C. Wood, “Ingecon Sun Storage 1Play,” pp. 3–6.



VOLUM II – ANÀLISI ECONÒMICA

1. INTRODUCCIÓ

En la memòria del projecte s'ha contemplat el pressupost total que comporta dur a terme la instal·lació dissenyada amb tots els criteris adoptats. L'import total resultant que s'ha determinat és la quantitat que ha de pagar el promotor de l'obra per dur a terme la instal·lació.

El que es desenvolupa en aquest segon volum és un estudi de tots els costos que suposa l'elaboració d'aquest projecte per part de l'enginyeria i tots els recursos emprats. Per aquest estudi de costos es contemplen tots els costos que fan referència a la part d'estudi del cas, desenvolupament de la metodologia i càlculs i decisions necessàries, així com contemplant tot el material i eines necessàries per la redacció i confecció del projecte.

2. ESTUDI DE COSTOS

La totalitat de costos que afecten a l'elaboració del projecte es poden dividir en costos d'enginyeria, costos de desenvolupament i costos materials. A continuació es detallen els diferents costos corresponents per cada partida.

2.1. Costos d'enginyeria.

En l'apartat de costos d'enginyeria s'inclouen els costos associats a la feina realitzada per un enginyer tècnic industrial.

Partida 1.- Costos d'enginyeria				
Núm.	Descripció	Preu hora	Hores	Import
1.1	Recerca d'informació prèvia i estudi del marc legal	18,00	40	720,00 €
1.2	Determinació i caracterització dels criteris d'optimització a implementar	18,00	60	1.080,00 €
1.3	Programació per simular càrregues domèstiques i funcionament de la micro-xarxa amb el sistema de gestió	18,00	90	1.620,00 €
1.4	Valoració de resultats per la presa de decisions tècniques	18,00	15	270,00 €
1.5	Càlculs generals i determinació de components i característiques de la instal·lació	18,00	70	1.260,00 €
1.6	Valoracions tècniques, econòmiques i ambientals	18,00	25	450,00 €
TOTAL PARTIDA 1			300	5.400,00 €

La partida corresponent als costos d'enginyeria ascendeix a la quantitat de cinc mil quatre-cents euros.

2.2. Costos de desenvolupament.

Com a costos de desenvolupament es detallen els costos corresponents a la feina d'un ajudant o delineant de l'enginyer tècnic industrial que firma el projecte.

Partida 2.- Costos de desenvolupament				
Núm.	Descripció	Preu hora	Hores	Import
2.1	Redacció del projecte, contemplant estructuració de tots els volums i annexos	11,00	120	1.320,00 €
2.2	Confecció de figures, taules, gràfiques i eina de càlcul necessaris en l'elaboració del projecte	11,00	60	660,00 €
2.3	Elaboració dels plànols	11,00	50	550,00 €
TOTAL PARTIDA 2			230	2.530,00 €

La partida corresponent als costos de desenvolupament del projecte ascendeix a la quantitat de dos mil cinc-cents trenta euros.

2.3. Costos materials.

En la partida de costos materials s'inclouen tots els materials necessaris per dur a terme l'elaboració del projecte, tant per part de l'enginyer com de l'ajudant o delineant. Aquests costos queden associats a equips d'informàtica i programari utilitzat.

Partida 3.- Costos materials		
Núm.	Descripció	Import
3.1	Ordinador preparat i amb capacitat per treballar amb programes de disseny i de programació	850,00 €
3.2	Paquet Microsoft Office Professional 2019	579,00 €
3.3	Llicència anual Matlab	800,00 €
3.4	Llicència anual AutoCAD 2018	2.120,00 €
TOTAL PARTIDA 3		4.349,00 €

La partida corresponent als costos materials del projecte ascendeix a la quantitat de quatre mil tres-cents quaranta-nou euros.

3. COST TOTAL

Finalment es mostra com a resum la suma de totes les partides corresponents als costos associats a l'elaboració de l'estudi i cas d'enginyeria d'aplicació que s'ha portat a terme.

RESUM COSTOS			
Núm.	Descripció	Hores	Import
1.0	Partida 1.- Costos d'enginyeria	300	5.400,00 €
2.0	Partida 2.- Costos de desenvolupament	230	2.530,00 €
3.0	Partida 3.- Costos materials	-	4.349,00 €
COST TOTAL		530 h.	12.279,00 €

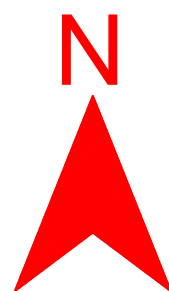
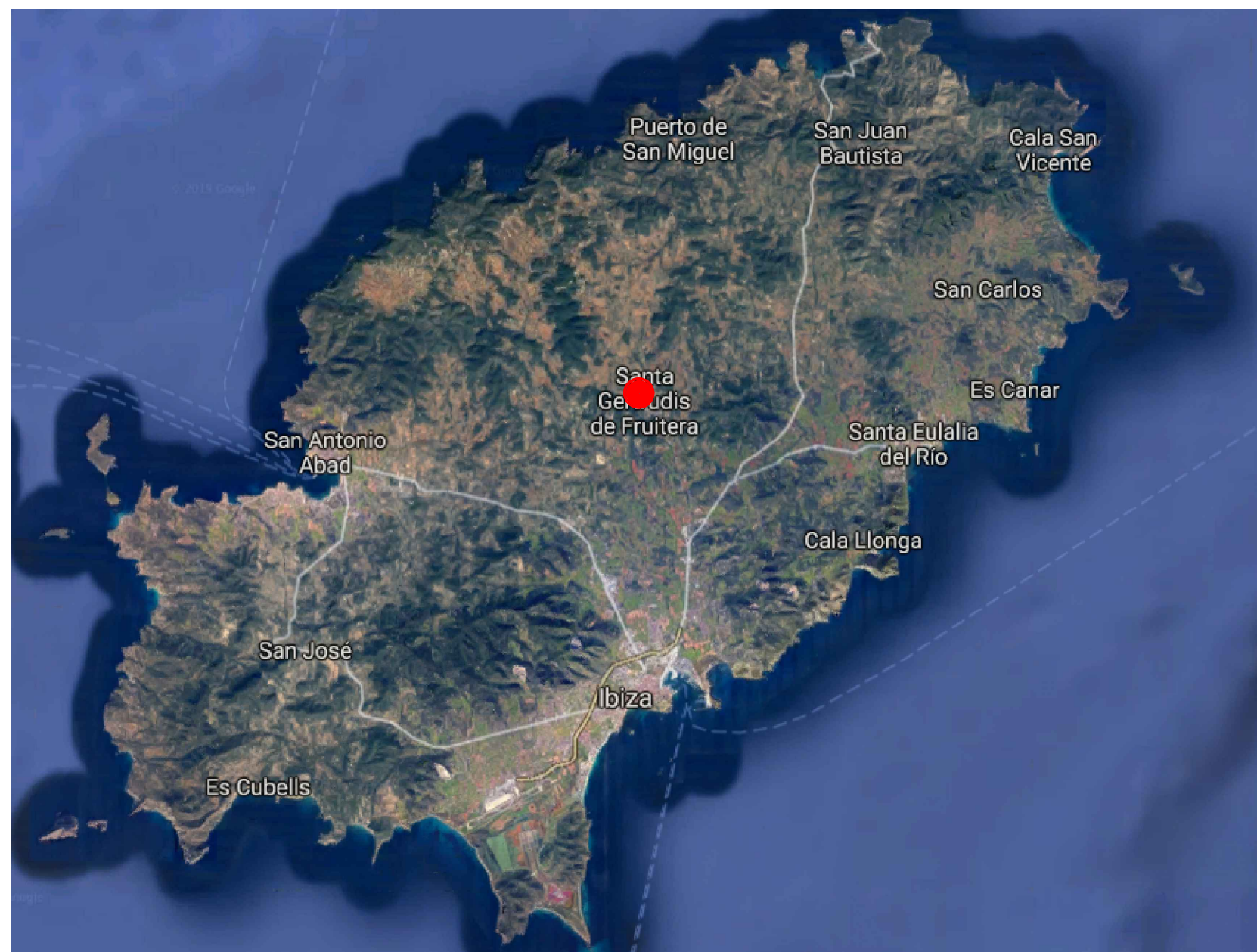
El cost total associat a l'elaboració de l'estudi i desenvolupament del cas d'enginyeria d'aplicació per optimitzar i reduir el consum energètic en un habitatge amb un sistema de generació d'energia solar fotovoltaica és de dotze mil dos-cents setanta-nou euros, que corresponen a la totalitat de 300 h de feina d'un enginyer tècnic industrial i 230 h d'un ajudant o delineant contemplant tot el material i programari necessari.



VOLUM III – PLÀNOLS

Índex dels plànols

- 1. Ubicació geogràfica de l'habitatge**
- 2. Emplaçament de l'habitatge**
- 3. Planta soterrani**
- 4. Planta baixa i perímetre del solar**
- 5. Primera planta i terrat acotat**
- 6. Emplaçament camp fotovoltaic amb ombres**
- 7. Esquema multifilar de la instal·lació**
- 8. Detall de sala tècnica**



Ubicació geogràfica de l'habitatge

TFG - Implementació de criteris d'optimització energètica en una vivenda contemplant l'ús d'energia fotovoltaica

Dibuixat: Joan Ferrer

Modificat:

Revisat: Robert Piqué



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

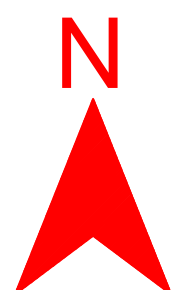
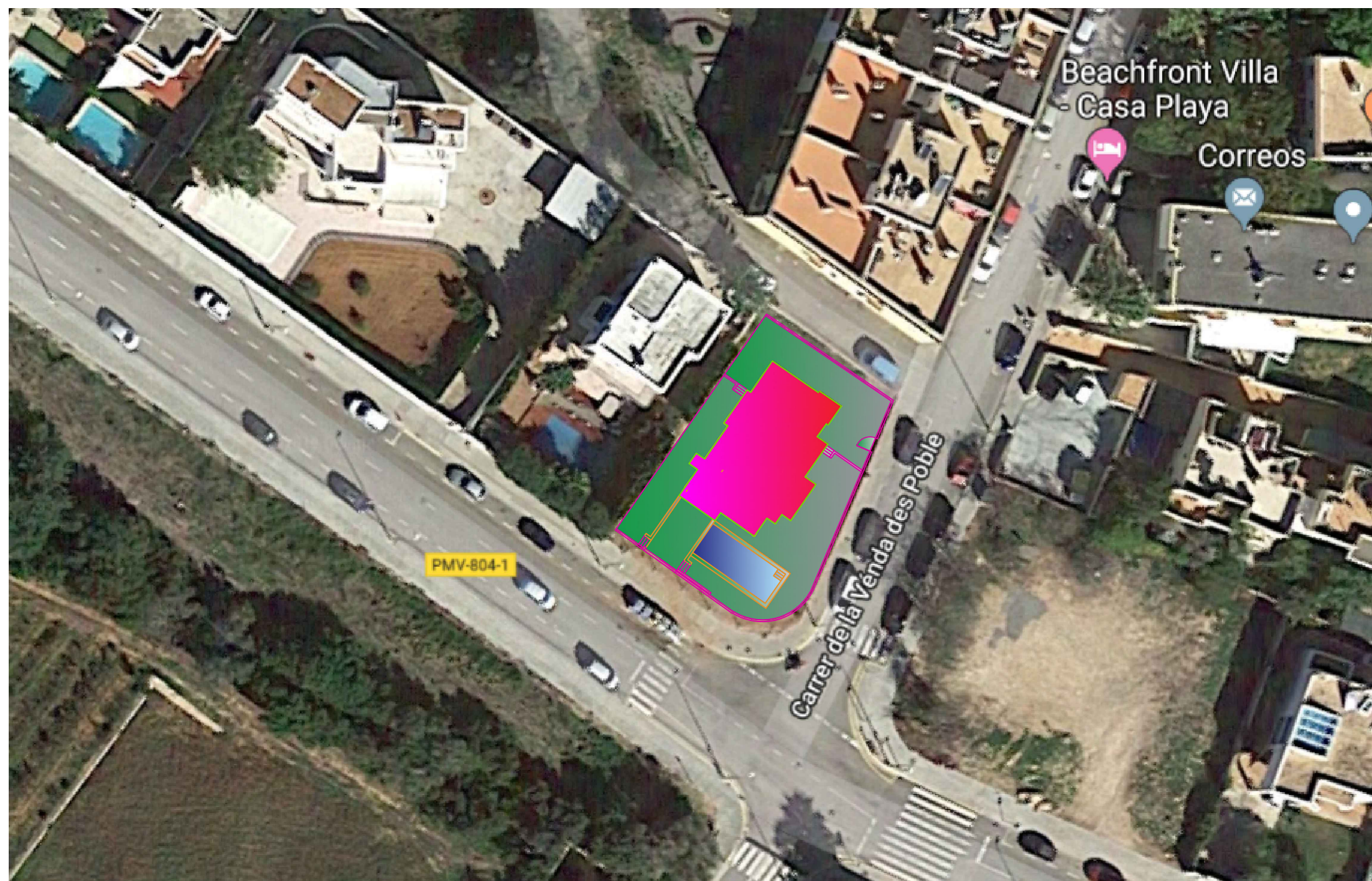
Obs:

Imatge de Google Maps

1

28/05/2019

E:1/200000



Emplaçament de l'habitatge

TFG - Implementació de criteris d'optimització energètica en una vivenda contemplant l'ús d'energia fotovoltaica

Dibuixat: Joan Ferrer

Modificat:

Revisat: Robert Piqué



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

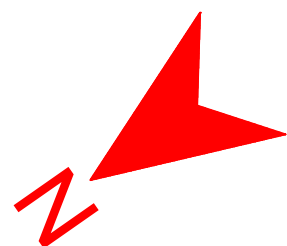
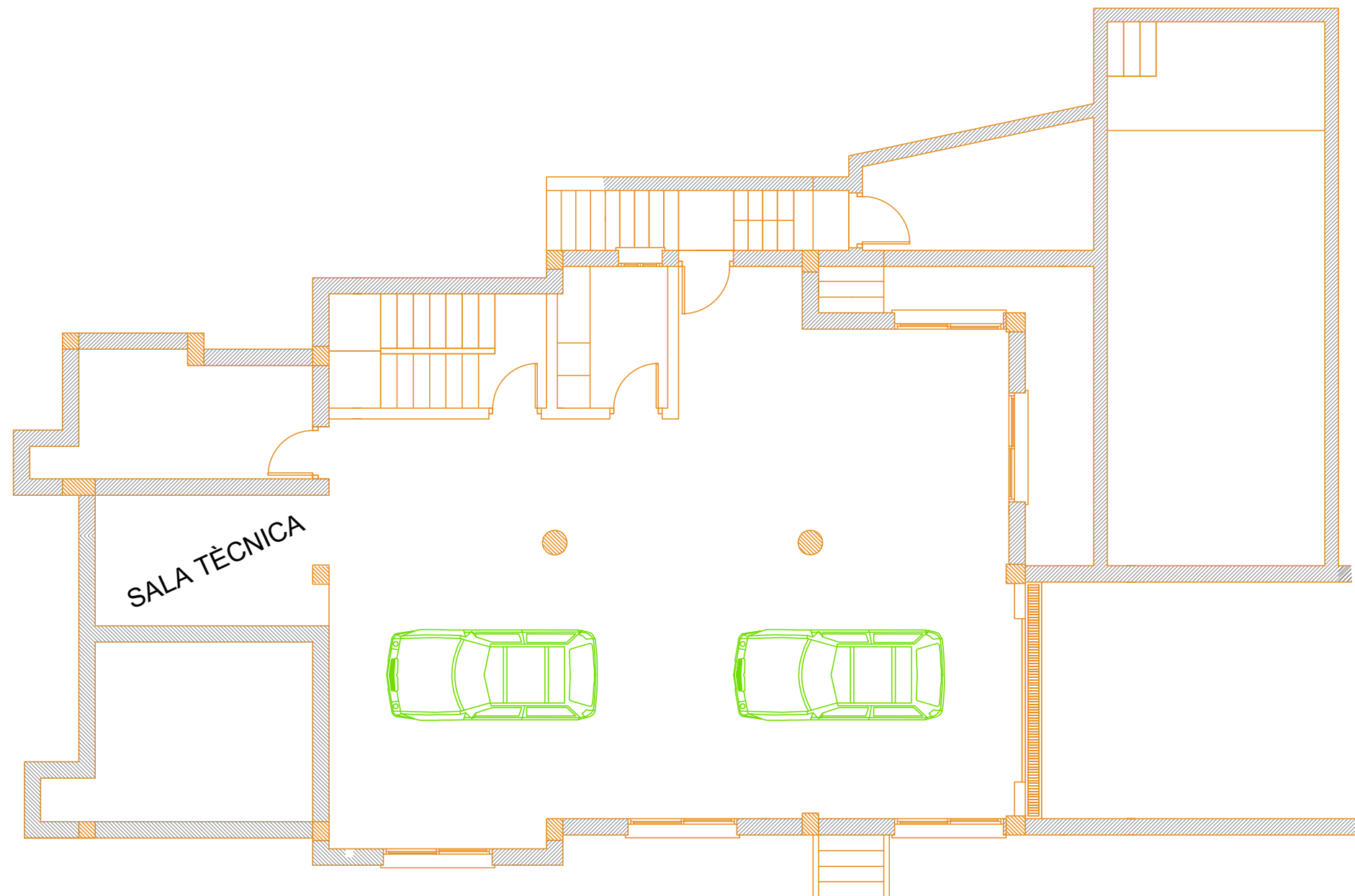
Obs:

Imatge de Google Maps

2

28/05/2019

E: 1/500



Planta soterrani

TFG - Implementació de criteris d'optimització energètica en una vivenda contemplant l'ús d'energia fotovoltaica

Dibuixat: L'Arquitecta Alicia Medina Vargas

Modificat: Joan Ferrer

Revisat: Robert Piqué



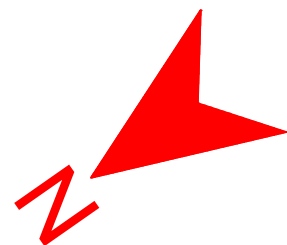
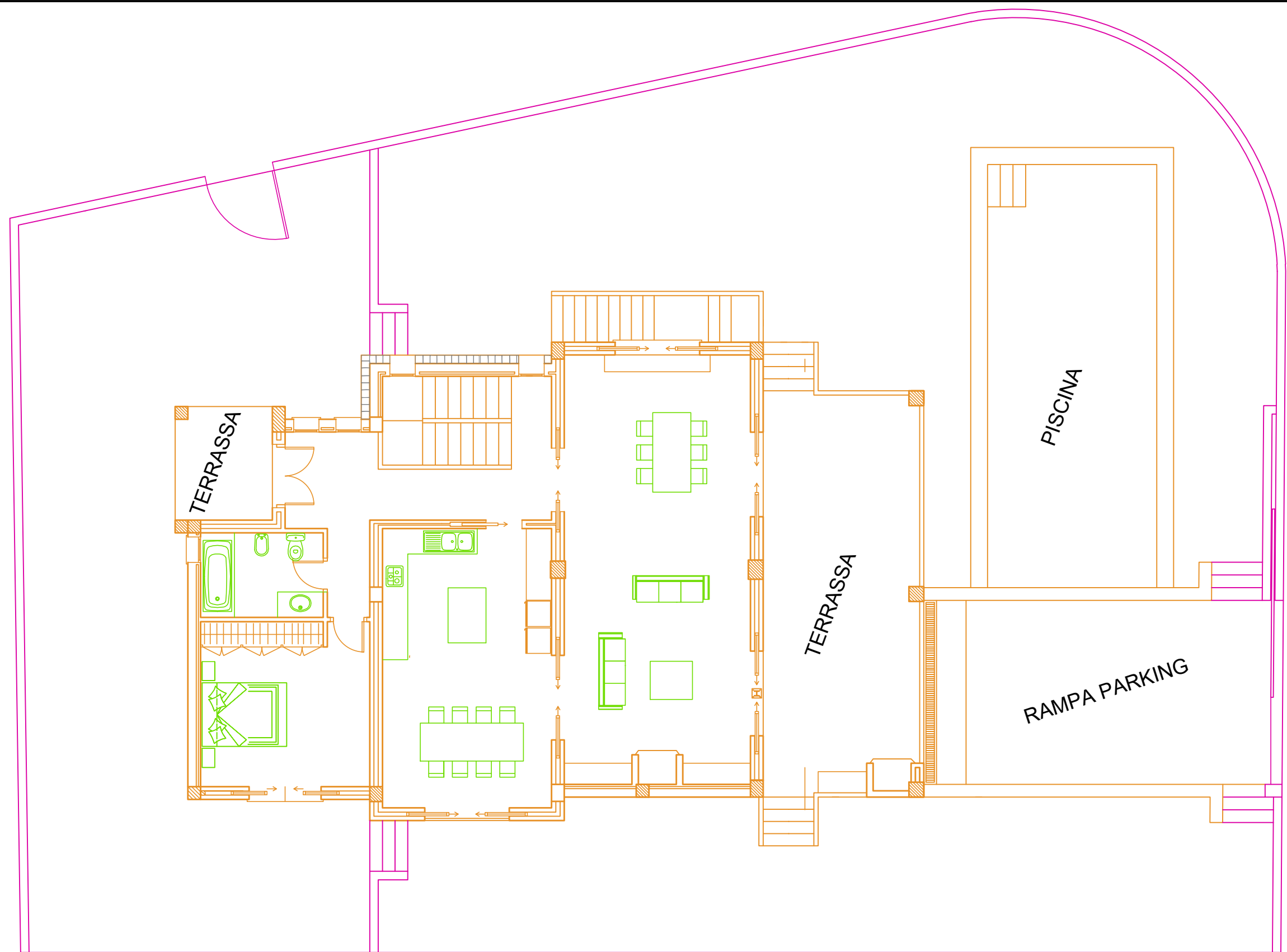
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Obs:

3

28/05/2019

E:1/100



Planta Baixa i perímetre del solar

TFG - Implementació de criteris d'optimització energètica en una vivenda contemplant l'ús d'energia fotovoltaica

Dibuixat: L'Arquitecta Alicia Medina Vargas

Modificat: Joan Ferrer

Revisat: Robert Piqué



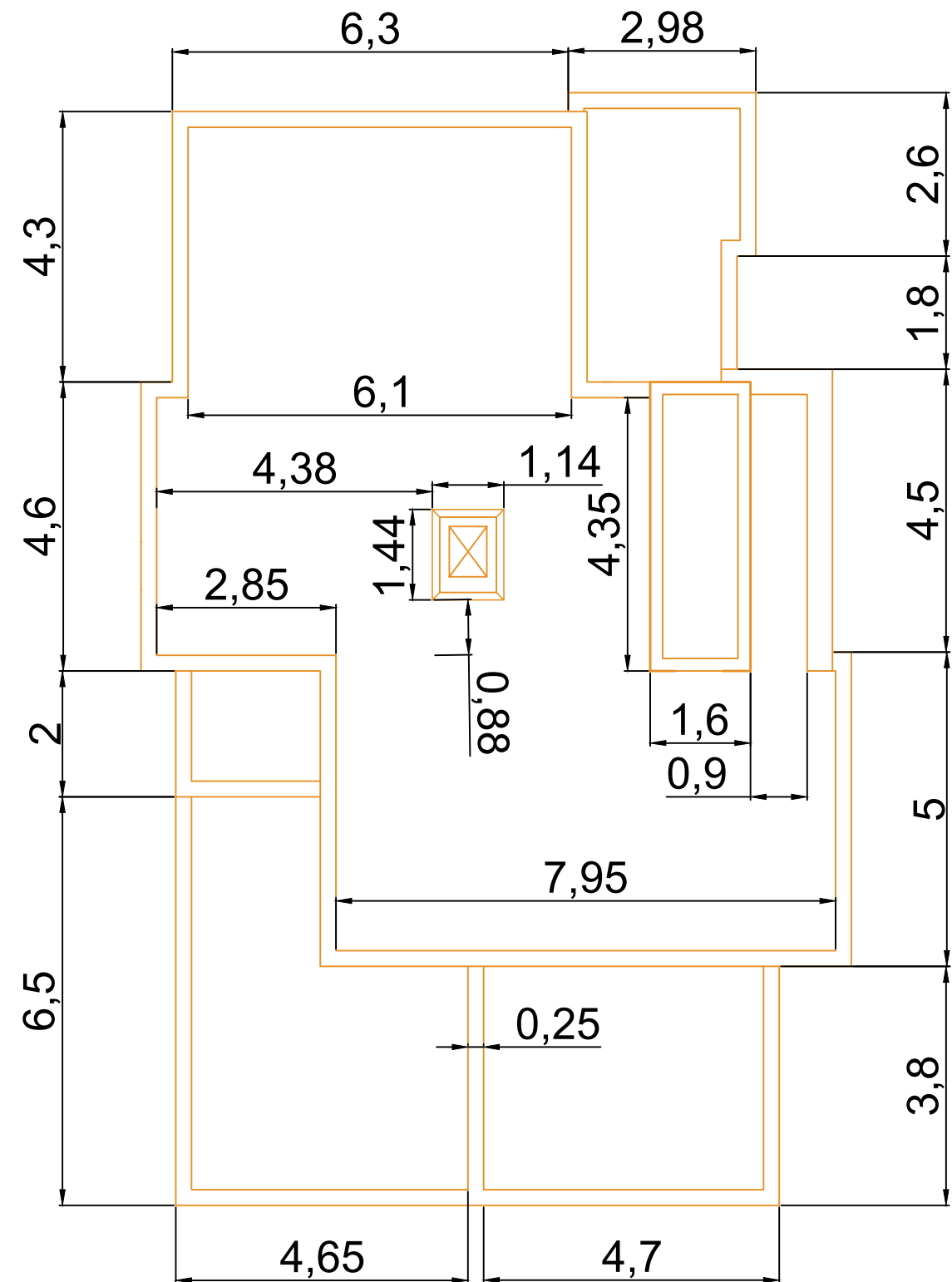
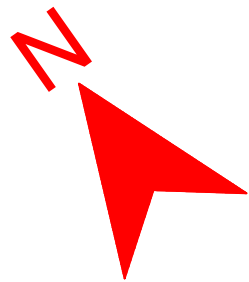
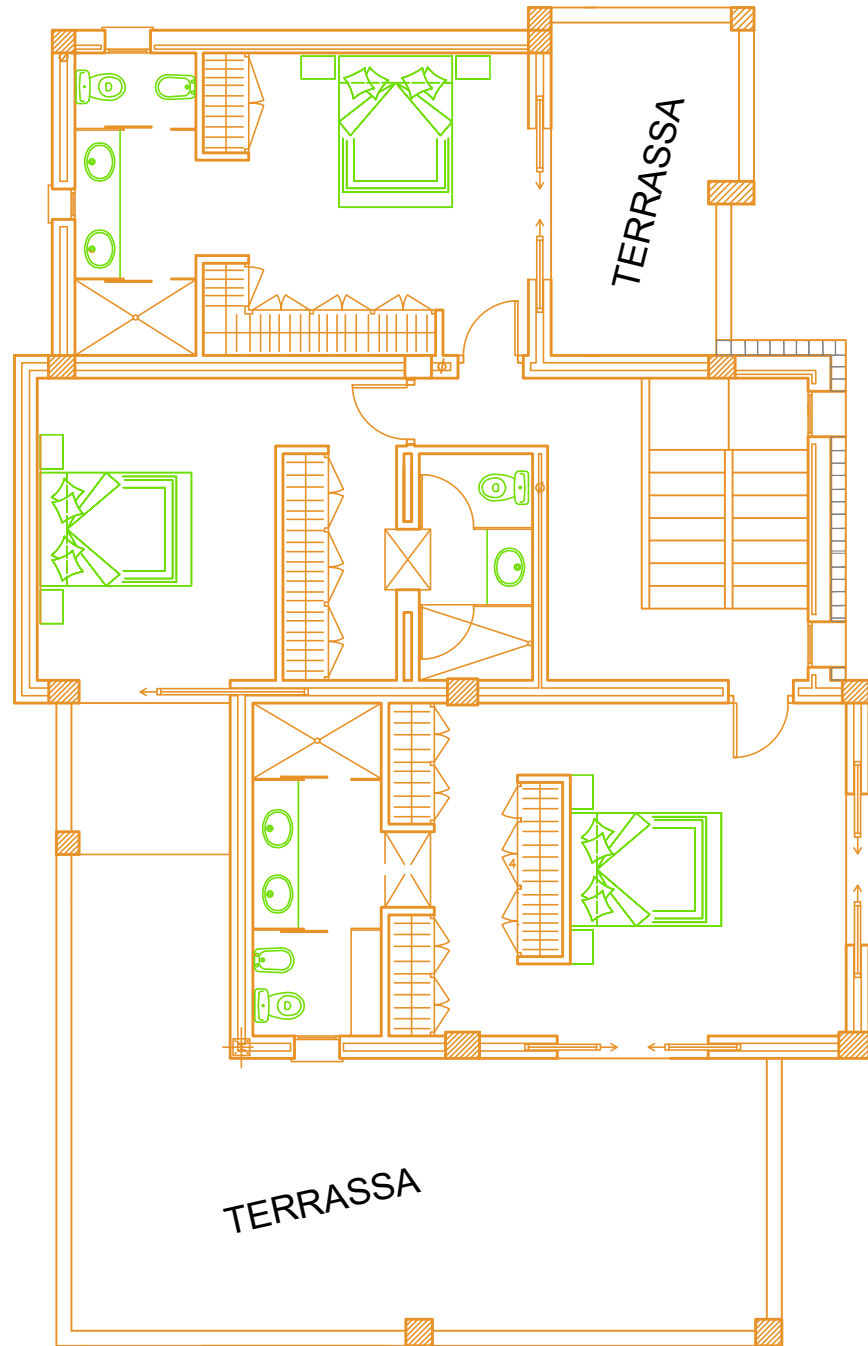
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Obs:

28/05/2019

E:1/100

4



Primera planta i terrat acotat

TFG - Implementació de criteris d'optimització energètica en una vivenda contemplant l'ús d'energia fotovoltaica

Dibuixat: L'Arquitecta Alicia Medina Vargas

Modificat: Joan Ferrer

Revisat: Robert Piqué



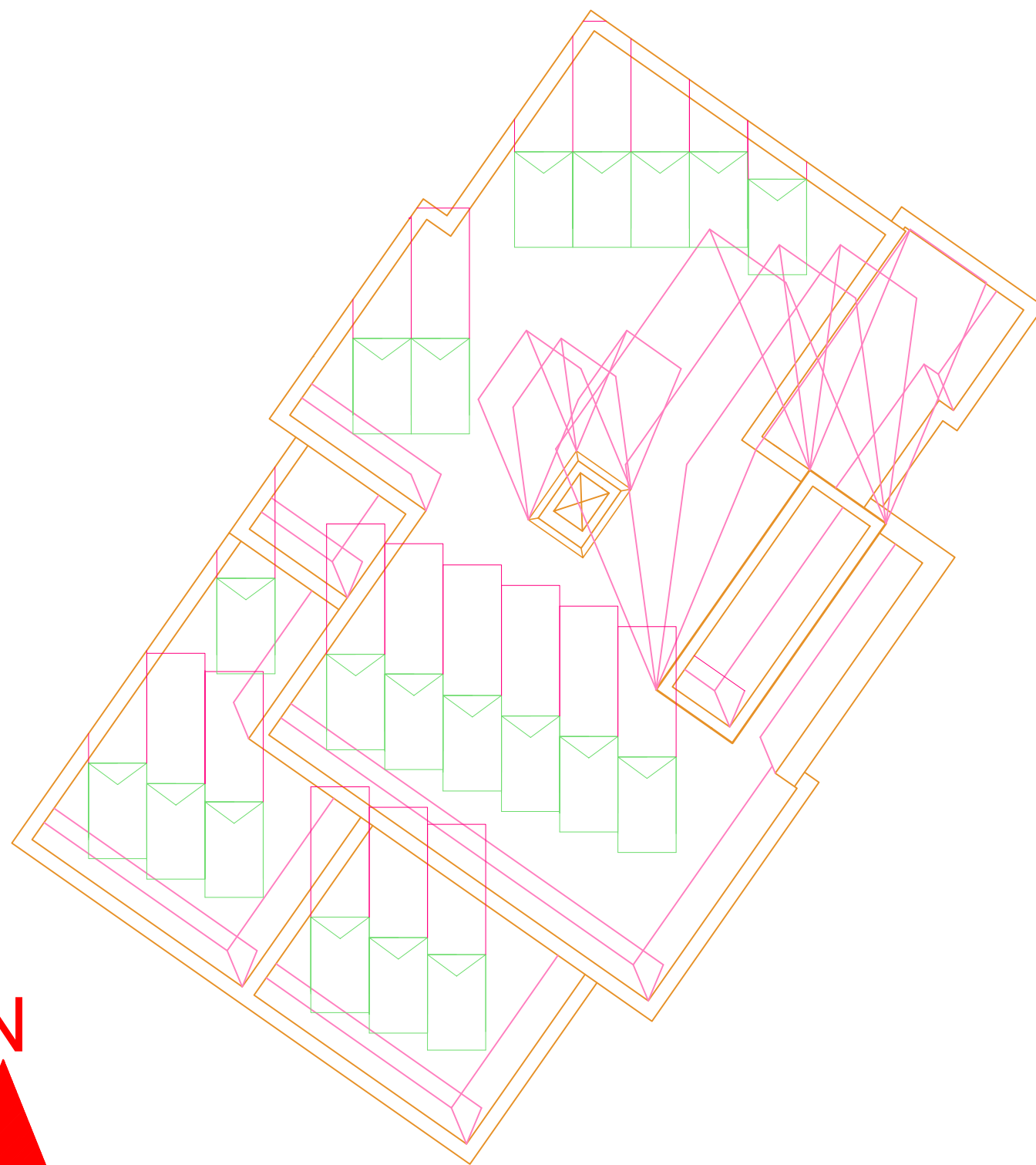
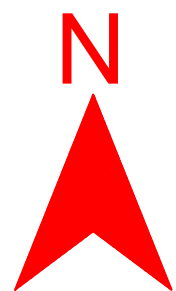
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Obs:

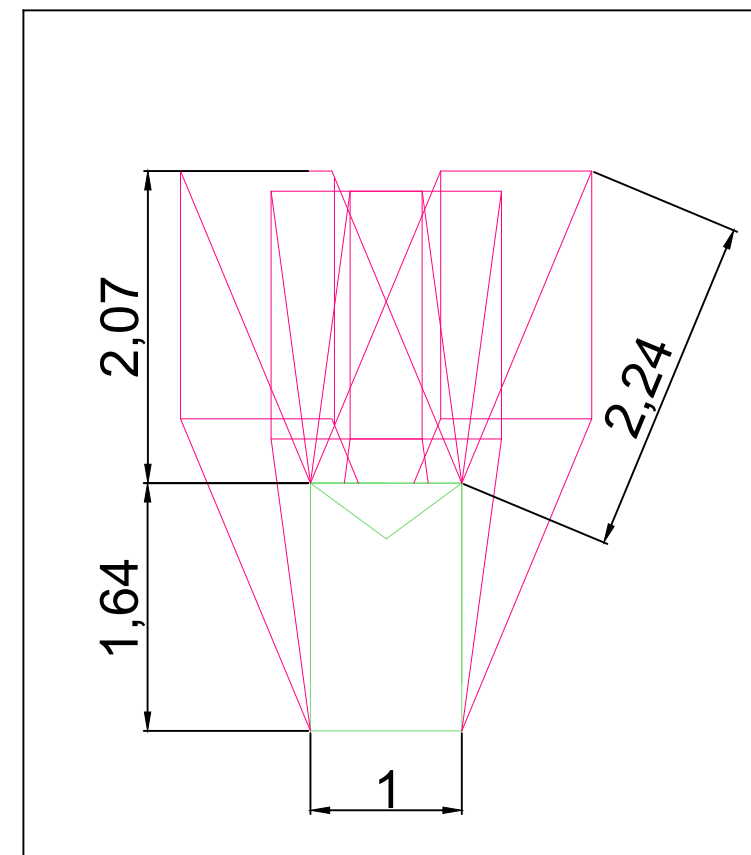
28/05/2019

E:1/100

5



Detall de panell i projeccions ombra



E: 1/50

Emplaçament camp fotovoltaic amb ombres

TFG - Implementació de criteris d'optimització energètica en una vivenda contemplant l'ús d'energia fotovoltaica

Dibuixat: Joan Ferrer

Modificat:

Revisat: Robert Piqué



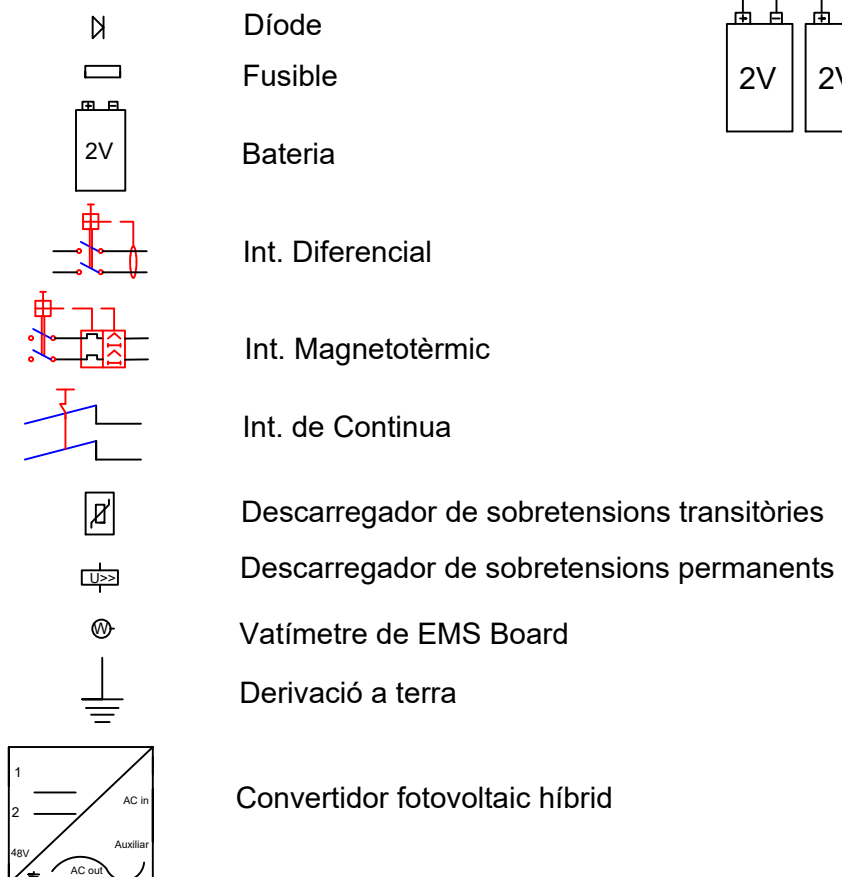
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Obs:

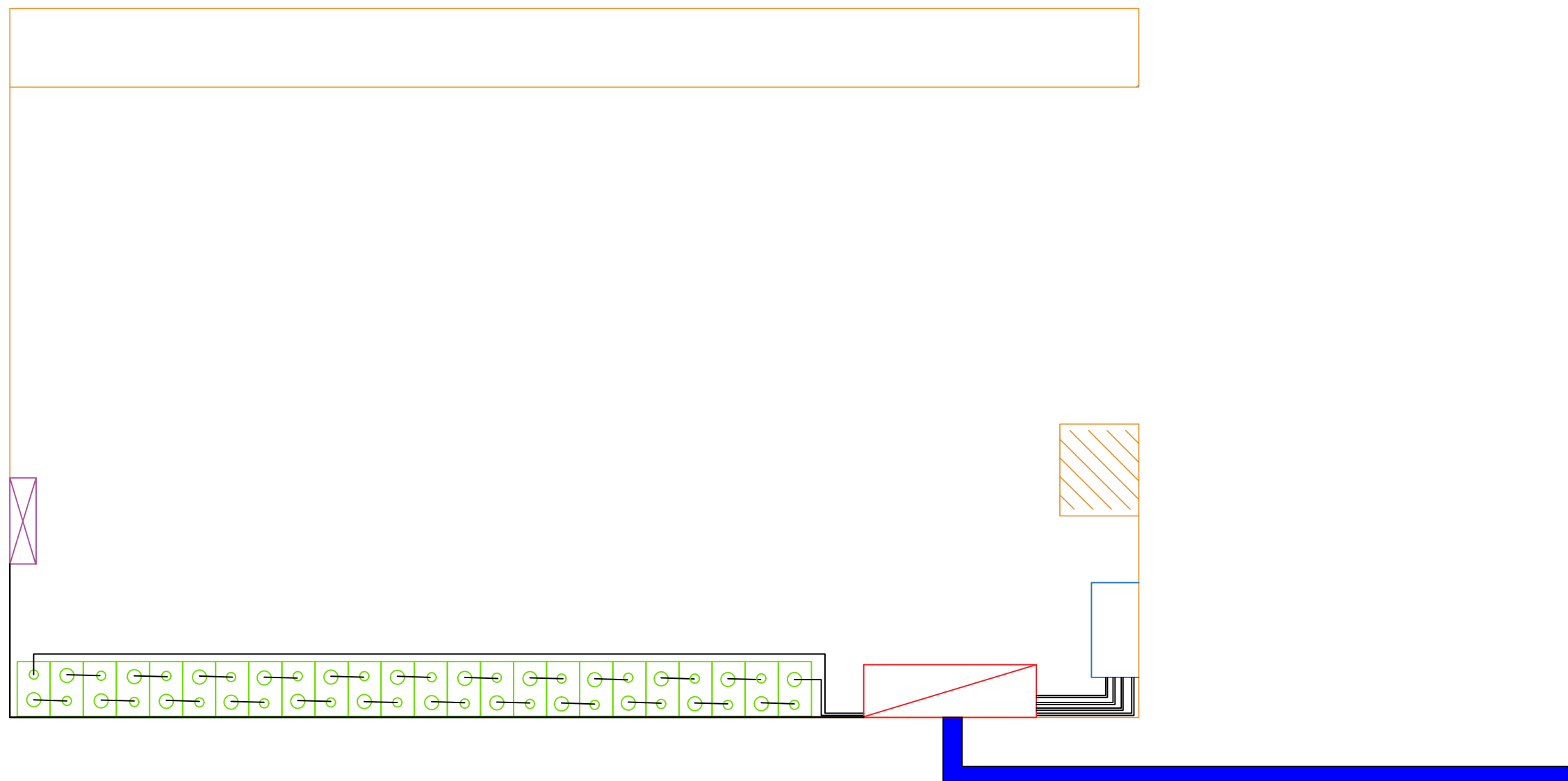
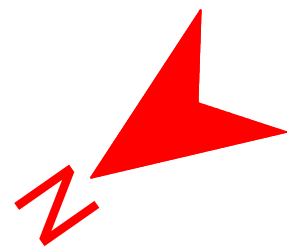
28/05/2019

E:1/100

6



E:1/100



Convertidor híbrid



Bateries



Emplaçament dels quadres i proteccions de la micro-xarxa



Quadre general de BT de l'habitatge



Derivació individual provinent del quadre de comptadors exterior

Detall de Sala Tècnica

TFG - Implementació de criteris d'optimització energètica en una vivenda contemplant l'ús d'energia fotovoltaica

Dibuixat: Joan Ferrer

Modificat:

Revisat: Robert Piqué



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Obs:

28/05/2019

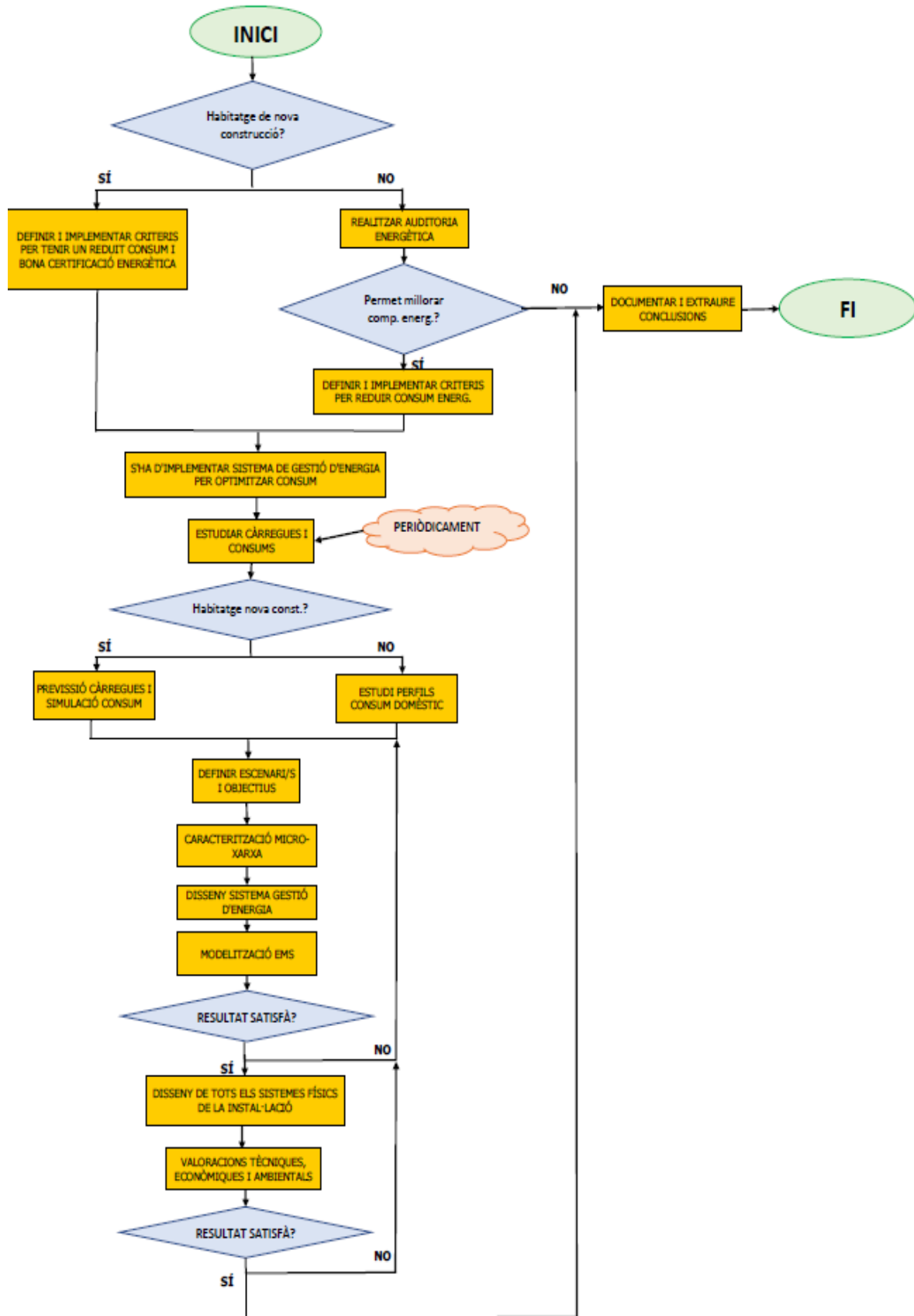
E:1/20

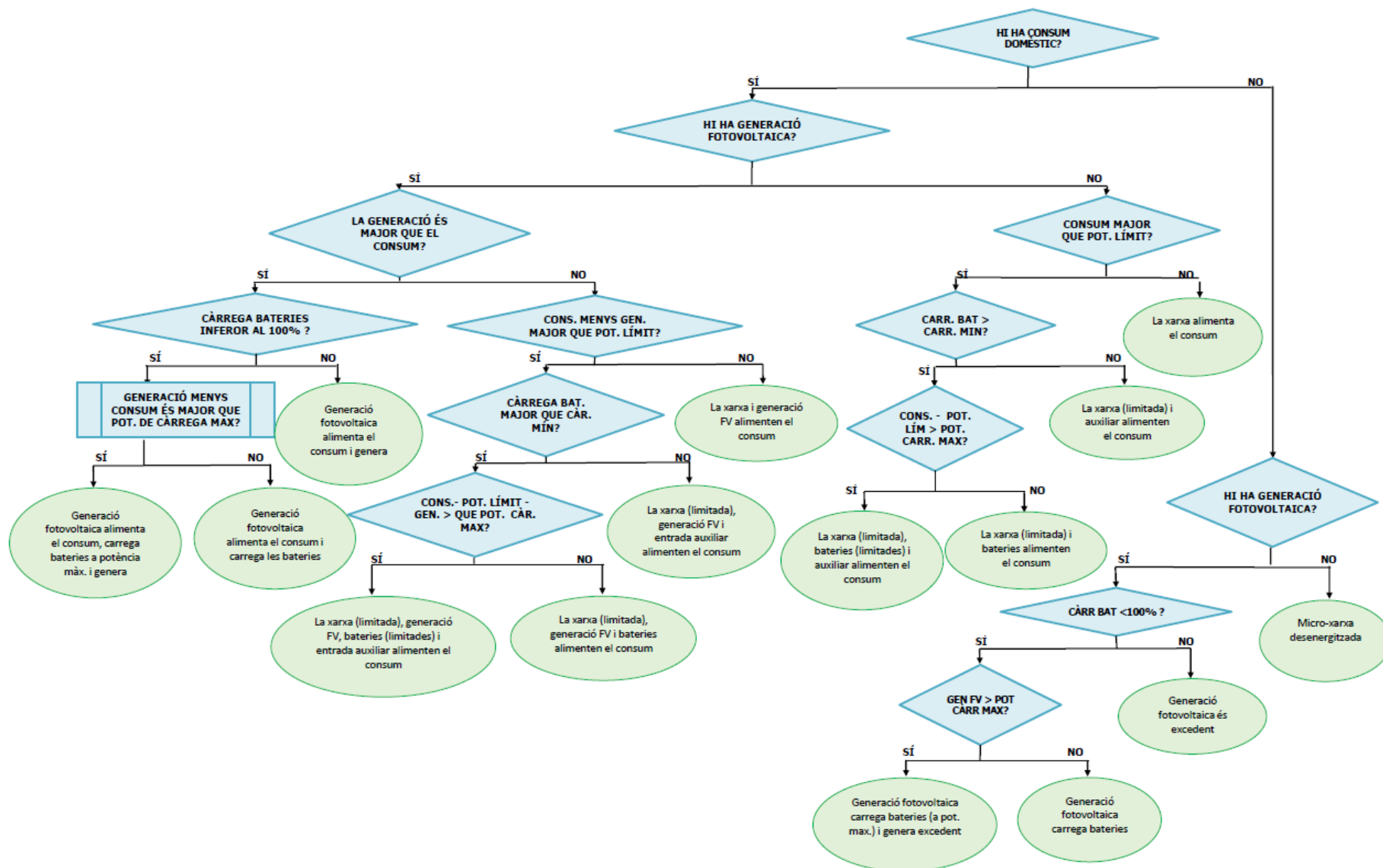
8



ANNEX I. DETALL DIAGRAMES DE FLUX DEL TREBALL

1. ALGORISME PER OPTIMITZAR EL COMPORTAMENT ENERGÈTIC D'UN HABITATGE AMB MICRO-XARXA AMB GENERACIÓ FOTOVOLTAICA
2. DIAGRAMA DE FLUX DEL COMPORTAMENT DE LA POLÍTICA ENERGÈTICA DE PEAK SHAVING IMPLEMENTADA AL CAS D'APLICACIÓ





ANNEX II. DETALL ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA

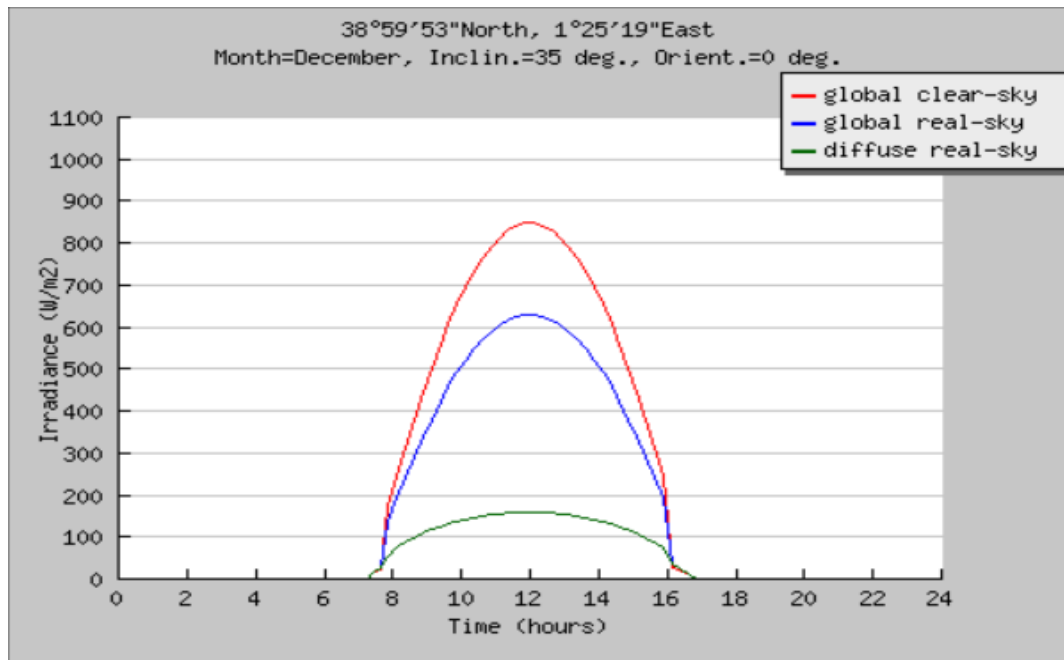
1. TAULA QUE DETALLA MOVIMENT DE FONS, MOVIMENT DE FONS ACUMULAT I MOVIMENT DE FONS ACUMULAT ACTUALITZAT SEGONS INFLACIÓ AL LLARG DE LA VIDA ÚTIL DE LA INSTAL·LACIÓ PER DETERMINAR LA SEVA RENDIBILITAT

Any	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Any	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversió (€)	-19383,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos Fix (€)	0	-128	-128	-128	-128	-128	-128	-128	-128	-128
Total Pagaments (€)	-19383,02	-128	-128	-128	-128	-128	-128	-128	-128	-128
ESCENARI 1, Preu electricitat es manté constant										
Estalvi (€)	0,00	1897,77	1878,79	1860,00	1841,40	1822,99	1804,76	1786,71	1768,85	1751,16
Mov Fons (€)	-19383,02	1769,77	1750,79	1732,00	1713,40	1694,99	1676,76	1658,71	1640,85	1623,16
Mov Fons Acum(€)	-19383,02	-17613,25	-15862,46	-14130,45	-12417,05	-10722,06	-9045,30	-7386,59	-5745,74	-4122,58
MF Act (€)	-19383,02	1743,62	1699,43	1656,35	1614,34	1573,39	1533,47	1494,54	1456,60	1419,60
MF Act Acum (€)	-19383,0	-17639,4	-15940,0	-14283,6	-12669,3	-11095,9	-9562,4	-8067,9	-6611,3	-5191,7
ESCENARI 2, Preu electricitat puja el que s'espera (optimista)										
Estalvi (€)	0,00	1897,77	1935,16	1973,28	2012,15	2051,79	2092,21	2133,43	2175,46	2218,31
Mov Fons (€)	-19383,02	1769,77	1807,16	1845,28	1884,15	1923,79	1964,21	2005,43	2047,46	2090,31
Mov Fons Acum (€)	-19383,0	-17613,3	-15806,1	-13960,8	-12076,7	-10152,9	-8188,7	-6183,2	-4135,8	-2045,5
MF Act (€)	-19383,02	1743,62	1754,14	1764,67	1775,22	1785,78	1796,35	1806,94	1817,55	1828,17
MF Act Acum (€)	-19383,0	-17639,4	-15885,3	-14120,6	-12345,4	-10559,6	-8763,2	-6956,3	-5138,8	-3310,6
ESCENARI 3, Preu electricitat puja el que s'espera (pessimista)										
Estalvi (€)	0,00	1897,77	1991,52	2089,90	2193,14	2301,48	2415,18	2534,49	2659,69	2791,08
Mov Fons (€)	-19383,02	1769,77	1863,52	1961,90	2065,14	2173,48	2287,18	2406,49	2531,69	2663,08
Mov Fons Acum (€)	-19383,02	-17613,25	-15749,73	-13787,83	-11722,69	-9549,20	-7262,03	-4855,54	-2323,85	339,23
MF Act (€)	-19383,02	1743,62	1808,85	1876,20	1945,74	2017,56	2091,72	2168,31	2247,41	2329,11
MF Act Acum (€)	-19383,0	-17639,4	-15830,6	-13954,4	-12008,6	-9991,1	-7899,3	-5731,0	-3483,6	-1154,5

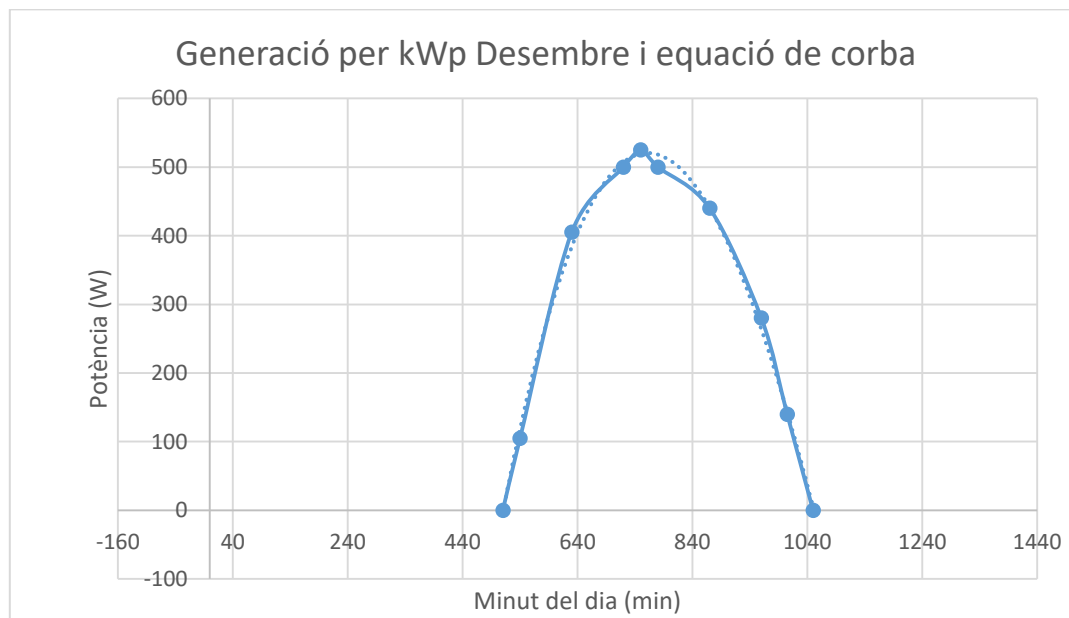
Any	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Any	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversió (€)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CF (€)	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0
Total Pagaments (€)	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0	-128,0
ESCENARI 1, Preu electricitat es manté constant											
Estalvi (€)	1733,6	1716,3	1699,1	1682,2	1665,3	1648,7	1632,2	1615,9	1599,7	1583,7	1567,9
Mov Fons (€)	1605,6	1588,3	1571,1	1554,2	1537,3	1520,7	1504,2	1487,9	1471,7	1455,7	1439,9
Mov Fons Acum (€)	-2516,9	-928,6	642,5	2196,7	3734,0	5254,7	6758,9	8246,7	9718,5	11174,2	12614,1
MF Act (€)	1383,5	1348,4	1314,1	1280,7	1248,1	1216,3	1185,4	1155,2	1125,7	1097,0	1069,1
MF Act Acum (€)	-3808,2	-2459,8	-1145,7	135,0	1383,0	2599,4	3784,7	4939,9	6065,6	7162,6	8231,7
ESCENARI 2, Preu electricitat puja el que s'espera (optimista)											
Estalvi (€)	2262,0	2306,6	2352,0	2398,4	2445,6	2493,8	2542,9	2593,0	2644,1	2696,2	2749,3
Mov Fons (€)	2134,0	2178,6	2224,0	2270,4	2317,6	2365,8	2414,9	2465,0	2516,1	2568,2	2621,3
Mov Fons Acum (€)	88,6	2267,1	4491,1	6761,5	9079,1	11444,9	13859,8	16324,8	18840,9	21409,0	24030,3
MF Act (€)	1838,8	1849,5	1860,1	1870,8	1881,5	1892,3	1903,0	1913,8	1924,6	1935,4	1946,2
MF Act Acum (€)	-1471,8	377,7	2237,8	4108,7	5990,2	7882,5	9785,5	11699,3	13623,9	15559,3	17505,5
ESCENARI 3, Preu electricitat puja el que s'espera (pessimista)											
Estalvi (€)	2929,0	3073,6	3225,5	3384,8	3552,0	3727,5	3911,6	4104,9	4307,7	4520,5	4743,8
Mov Fons (€)	2801,0	2945,6	3097,5	3256,8	3424,0	3599,5	3783,6	3976,9	4179,7	4392,5	4615,8
Mov Fons Acum (€)	3140,2	6085,8	9183,3	12440,1	15864,2	19463,7	23247,3	27224,2	31403,9	35796,3	40412,1
MF Act (€)	2413,5	2500,7	2590,7	2683,7	2779,8	2879,1	2981,6	3087,6	3197,1	3310,2	3427,1
MF Act Acum (€)	1259,0	3759,6	6350,3	9034,1	11813,9	14692,9	17674,6	20762,1	23959,2	27269,4	30696,5

ANNEX III. RADIACIÓ SOLAR

- IRRADIÀNCIA INCIDENT I GENERACIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA PER KWp INSTAL·LAT EN DESEMBRE

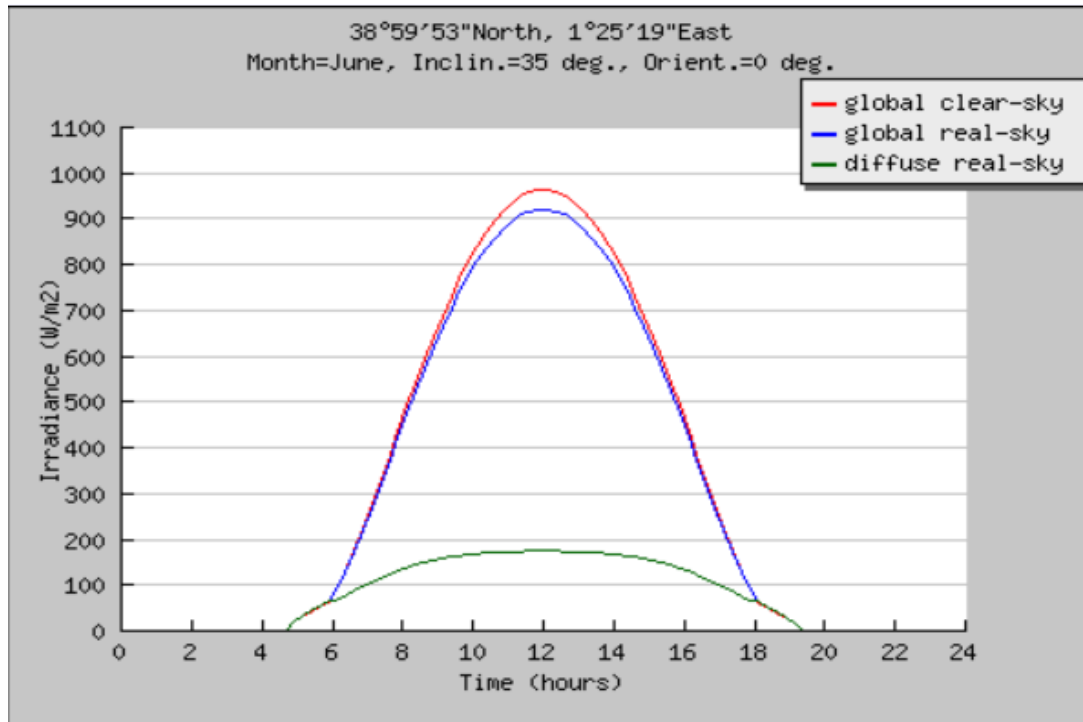


(Font: PVGIS)

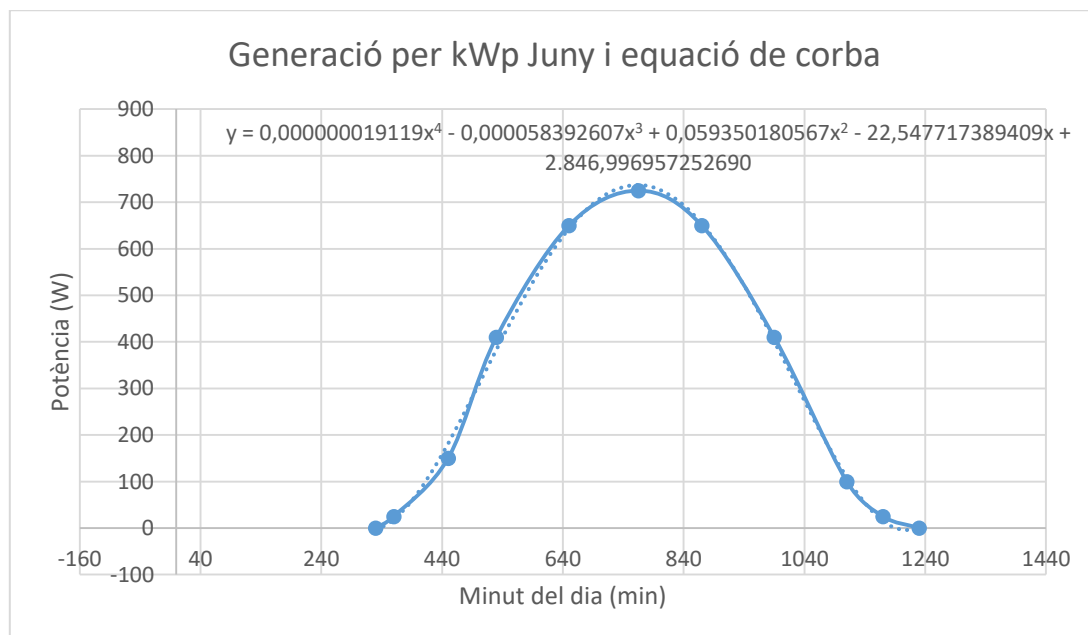


(Dades de PVSyst i equació obtinguda a l'Excel)

- **IRRADIÀNCIA INCIDENT I GENERACIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA PER KWp INSTAL·LAT EN JUNY**



(Font: PVGIS)



(Dades de PVSyst i equació obtinguda a l'Excel)

ANNEX IV. MODELITZACIÓ

MICRO-XARXA

- **FUNCIONS PRINCIPALS *Matlab* (Exemple per simular hivern laborable):**

```
%Programa per realitzar totes les funcions generades automàticament amb
%valors definits per cada cas i fer funcionament bàsic del EMS amb Peak
Shaving
%Introduir aquí tots els paràmetres, menys per les factures que s'ha de fer
%al cridar la funció
Ppv=6400;
CoefRad=0.87;
PerfilConsumLabHiv_shift;
Perfil=PerfilConsumLabHiv_shift;
Generacio=CoefRad*GenFVDes(Ppv); %Generam perfil de generació fotovoltaica per
W determinats i obtenim valors
PotLimit=750;
CapacitatBateries=20640;
SoCInici=58;
SoCLimit=50;
Pbatmax=2400;
Ppvmin=0;
PotContractada=3450;

Perfil; %Generam perfil de consum domèstic predefinit i obtenim consums
PeakShav(Generacio, Perfil, PotLimit, CapacitatBateries, SoCInici, SoCLimit, Pbatmax
, Ppvmin); %Interacció de la generació i demanda amb bateries i xarxa
InversioAprox(Ppv, CapacitatBateries);
%Variables Peak Shaving: (Perfil Generacio, Perfil Carregues, Potencia
%limit en W, Capacitat Bateries en Wh, Nivell càrrega inicial en %, Nivell
%de càrrega mínim de les bateries en %, Potencia generada mínima perquè
funcioni
%en W.

%Es generen variables per obtenir consum de xarxa en hores punta i vall,
%considerant que energia faltant serà de la xarxa també.
ConsXarxaPunta=0;
for i=720:1:1320
    ConsXarxaPunta = ConsXarxaPunta + (ConsXarxa(i)+Auxiliar(i))/60;
end
ConsXarxaVall=sum(ConsXarxa+Auxiliar)/60-ConsXarxaPunta;
ConsXarxaPunta;

%El consum de xarxa total es la suma de ConsXarxa i Auxiliar (Ja que
%Auxiliar seria la potència que absorbeix el peak shaving com a auxiliar quan
%la potència de la xarxa queda limitada pel límit de peak shaving i no hi ha
%prou potència per satisfer la càrrega).

%Obtenim preu factura amb gen FV i sense i amb Discriminacio Horaria i sense
factura(ConsXarxaVall, ConsXarxaPunta, PotContractada, 0.134155, 0.146795);
facturaDH(ConsXarxaVall, ConsXarxaPunta, PotContractada, 0.134155, 0.158, 0.08);
facturaNoFV(TotalConsumLabHiv_shift, 8050, 0.134155, 0.146795);
facturaNoFVDH(EnVallLabHiv_shift, EnPuntaLabHiv_shift, 8050, 0.134155, 0.158, 0.08);
estalvi=PreuFacturaNoFV-PreuFacturaDH;
```

```

function PerfilConsumLabHiv_shift ;
%Programació per obtenir simulacions de càrregues, consums i econòmiques
%Es sumen totes les càrregues amb les seves característiques pròpies
    PerfilConsumLabHiv_shift = Frigorific(140) + Congelador(130) +
Altres1(200,1,1440,0.5,0.5)+...
    Calefaccio(3500) + Llum(20,10,420, 480, 1, 0.75,15,1080, 1380, 0.8,
0.75)+...
    Persianes(100,20,425,0.1,620,0.3,1110,0.4) +
Cafetera(1200,440,450,460)+...
    VarisBany(500,435,465,0.5,0.7) +
Microones(1500,5,440,0.75,1,455,1,1,860,3,0.6)+...
    TV(100,5,8,430,465,0.2,0.6,860,960,0.2,0.6,1200,1380,0.4,0.6)+...
    PortaGar(250,465,525, 855, 1035) + PortaEnt(250,466,526, 856,
1036)+...
    Rentadora(1500,600)+VarisNeteja(500,660,840,0.2,0.5)+...
    ACS(685,450,50,0.7,1200,90,0.7,0,0,0)+...
    PlacaInduccio1(2500,865,25) + VarisCuinal(300,860,890,0.7,0.5)+...
    PlacaInduccio2(2500,1230,10) + Forn(2200,1240,20)+
VarisCuina2(300,1230,1260,0.7,0.7)+...
    Rentavaixella(1700,930) +
Altres2(500,480,1320,0.5,0.5)+Altres3(500,1140,1410,0.5,0.7);
%Es genera una variable que suma el consum acumulat per minut en Wh
    AcumPerfilConsumLabHiv_shift(1)=PerfilConsumLabHiv_shift(1)/60;
    for i=2:1:1440
        AcumPerfilConsumLabHiv_shift(i)=AcumPerfilConsumLabHiv_shift(i-
1)+PerfilConsumLabHiv_shift(i)/60;
    end

assignin('base','AcumPerfilConsumLabHiv_shift',AcumPerfilConsumLabHiv_shift);
%Es genera variable per obtenir consum total diari en kWh
    TotalConsumLabHiv_shift=sum(PerfilConsumLabHiv_shift)/60000;
    assignin('base','PerfilConsumLabHiv_shift',PerfilConsumLabHiv_shift);
    assignin('base','TotalConsumLabHiv_shift',TotalConsumLabHiv_shift);
    t=1:1:1440;
    th=t/60;
%Es generen variables per obtenir consum en hores punta i vall
    EnPuntaLabHiv_shift = 0;
    for i=720:1:1320
        EnPuntaLabHiv_shift = EnPuntaLabHiv_shift +
PerfilConsumLabHiv_shift(i)/60;
    end
    EnPuntaLabHiv_shift=EnPuntaLabHiv_shift/1000;
    EnVallLabHiv_shift=TotalConsumLabHiv_shift-EnPuntaLabHiv_shift;
    assignin('base','EnVallLabHiv_shift',EnVallLabHiv_shift);
    assignin('base','EnPuntaLabHiv_shift',EnPuntaLabHiv_shift);
    assignin('base','t',t);
    assignin('base','th',th);
end

```

```

function
[PeakShav]=PeakShav(GenFV,PerfilConsum,Plim,Bat,SoCini,SoClim,Pbatmax,Ppvmin)
%Funció per simular funcionament del EMS
%S'introdueixen variables GenFV del mes, PerfilConsum de l'epoca,
%Bat=energia total de la bateria en wh, SoCini=percentatge carrega bateria
%inicial, SoClim = Nivell de càrrega mínima de bateries, Pbatmax=Potència
%de descàrrega màxima de les bateries, Ppvmin=Potència fotovoltaica mínima
t=1:1:1440;
th=t/60;
%Inicialitzem variables
Excedent=zeros([1 1440]);
ConsXarxa=zeros([1 1440]);
CarrBat=zeros([1 1440]);
ConsBat=zeros([1 1440]);
ConsFV=zeros([1 1440]);
Auxiliar=zeros([1 1440]);
SoC(1)=SoCini;
NivCarBat(1)=SoC(1)*Bat/100;
%Algorisme del sistema de gestió d'energia
for i=2:1:1440
    if PerfilConsum(i) > 0
        if GenFV(i) > Ppvmin
            if GenFV(i) > PerfilConsum(i)
                if SoC(i-1) < 100
                    if (GenFV(i)-PerfilConsum(i))>Pbatmax
                        Excedent(i)=GenFV(i)-Pbatmax-PerfilConsum(i);
                        CarrBat(i)=Pbatmax;
                        ConsFV(i)=GenFV(i)-Excedent(i)-CarrBat(i);
                    else
                        CarrBat(i)=GenFV(i)-PerfilConsum(i);
                        ConsFV(i)=GenFV(i)-CarrBat(i);
                    end
                else
                    Excedent(i)=GenFV(i)-PerfilConsum(i);
                    ConsFV(i)=GenFV(i)-Excedent(i);
                end
            else
                if (PerfilConsum(i)-GenFV(i))>Plim
                    if SoC(i-1)>SoClim
                        ConsBat(i)=PerfilConsum(i)-Plim-GenFV(i);
                        ConsXarxa(i)=Plim;
                        ConsFV(i)=PerfilConsum(i)-Plim-ConsBat(i);
                        if ConsBat(i)>Pbatmax
                            Auxiliar(i)=ConsBat(i)-Pbatmax;
                            ConsBat(i)=Pbatmax;
                            ConsFV(i)=PerfilConsum(i)-Plim-ConsBat(i)-
Auxiliar(i);
                        end
                    else
                        Auxiliar(i)=PerfilConsum(i)-Plim-GenFV(i);
                        ConsXarxa(i)=Plim;
                        ConsFV(i)=GenFV(i);
                    end
                else
                    ConsXarxa(i)=PerfilConsum(i)-GenFV(i);
                    ConsFV(i)=PerfilConsum(i)-ConsXarxa(i);
                end
            end
        else
            if PerfilConsum(i)>Plim
                if SoC(i-1)>SoClim
                    ConsBat(i)=PerfilConsum(i)-Plim;
                    ConsXarxa(i)=Plim;
                    if ConsBat(i)>Pbatmax
                        Auxiliar(i)=ConsBat(i)-Pbatmax;

```

```

        ConsBat(i)=Pbatmax;
    end
    else
        Auxiliar(i)=PerfilConsum(i)-Plim;
        ConsXarxa(i)=Plim;
    end
    else
        ConsXarxa(i)=PerfilConsum(i);
    end

    end
end
NivCarBat(i) = NivCarBat(i-1) - (ConsBat(i))/60 + (CarrBat(i))/60;
SoC(i)= NivCarBat(i)*100/Bat;
end
%Assignem variables al Workspace
assignin('base','Excedent',Excedent)
assignin('base','ConsFV',ConsFV)
assignin('base','ConsXarxa',ConsXarxa)
assignin('base','CarrBat',CarrBat)
assignin('base','ConsBat',ConsBat)
assignin('base','NivCarBat',NivCarBat)
assignin('base','SoC',SoC)
assignin('base','Auxiliar',Auxiliar)
end

%Funció per obtenir preu factura mensual amb generació FV i sense
$discriminació horària
function [factura]=factura(ConsXarxaVall,ConsXarxaPunta,Pcont,Ekw,Ekwh);
%Consum en hores vall i punta, Potencia Contractada, Preu del kW i preu kWh
    Preufix=30*Pcont*Ekw/1000;
    Preuvar=30*(ConsXarxaPunta+ConsXarxaVall)*Ekwh/1000;
    altres=(Preufix+Preuvar)*0.055;
    IVA=(Preufix+Preuvar+altres)*0.21;
    PreuFactura=Preufix+Preuvar+altres+IVA;
    assignin('base','PreuFactura',PreuFactura)
end

%Funció per obtenir preu factura mensual amb generació i amb discr. hor.
function
[facturaDH]=facturaDH(ConsXarxaVall,ConsXarxaPunta,Pcont,Ekw,Ekwhpunta,Ekwhvall
1);
%Consum en hores vall i punta, Potencia Contractada, Preu del kW i preus
%del kwh en hores punta i vall
    Preufix=30*Pcont*Ekw/1000;
    Preuvar=30*ConsXarxaPunta/1000*Ekwhpunta+30*ConsXarxaVall/1000*Ekwhvall;
    altres=(Preufix+Preuvar)*0.055;
    IVA=(Preufix+Preuvar+altres)*0.21;
    PreuFacturaDH=Preufix+Preuvar+altres+IVA;
    assignin('base','PreuFacturaDH',PreuFacturaDH)
end

%Funció per obtenir preu factura mensual sense generació ni discriminació hor.
function [facturaNoFV]=facturaNoFV(Consum,Pcont,Ekw,Ekwh);
%Consum total en kwh, Potencia contractada, preu del kW i preu del kWh

```



```

    PreuFix=30*Pcont*Ekwh/1000;
    PreuVar=30*Consum*Ekwh;
    altres=(PreuFix+PreuVar)*0.055;
    IVA=(PreuFix+PreuVar+altres)*0.21;
    PreuFacturaNoFV=PreuFix+PreuVar+altres+IVA;
    assignin('base','PreuFacturaNoFV',PreuFacturaNoFV)
end

%Funció per obtenir preu factura mensual sense generació amb discr. hor.
function
[facturaNoFVDH]=facturaNoFVDH(ConsVall,ConsPunta,Pcont,Ekwh,Ekwhpunta,Ekwhvall)
;
%Consum en hores vall i punta, Potencia Contractada, Preu del kW i preus
%del kwh en hores punta i vall
    PreuFix=30*Pcont*Ekwh/1000;
    PreuVar=30*ConsPunta*Ekwhpunta+30*ConsVall*Ekwhvall;
    altres=(PreuFix+PreuVar)*0.055;
    IVA=(PreuFix+PreuVar+altres)*0.21;
    facturaNoFVDH=PreuFix+PreuVar+altres+IVA;
    assignin('base','PreuFacturaNoFVDH',facturaNoFVDH)
end

function [InversioAprox] = InversioAprox(Ppv,Bat)
%Funció per calcular inversio inicial aproximada
Preumoduls=0.8*Ppv;
Preubateries=0.16*Bat;
Preuinv=3000;
Preualtres=1000;
InversioAprox=(Preumoduls+Preubateries+Preuinv+Preualtres);
assignin('base','InversioAprox',InversioAprox)
end

function [GenFVDes]=GenFVDes(Ppv); %Ppv=Potencia panells instal·lada
    t=1:1:1440;
    th=t/60;
%Es genera equacio corba potencia generada en W per min per 1kWp
    Plkw=(-5352.5178+0.00000367*t.^3-0.01570321*t.^2+t.*17.5400687);
    for i=1:1:1440
        if Plkw(i)<0
            Plkw(i)=0;
        end
    end
%Es genera variable amb perfil de potencia generada per min en kW
    GenFVDes=Plkw*Ppv/1000;
%Es genera variable amb energia generada acumulada per minut
    AcumGenFVDes(1)=GenFVDes(1)/60;
    for i=2:1:1440
        AcumGenFVDes(i)=AcumGenFVDes(i-1)+GenFVDes(i)/60;
    end
    assignin('base','AcumGenFVDes',AcumGenFVDes);
%Es genera variable per energia total generada dia
    EnGenFVDes=sum(GenFVDes)/60;
    assignin('base','GenFVDes',GenFVDes);
    assignin('base','EnGenFVDes',EnGenFVDes);
end

```

- **FUNCIONS PER MODELITZAR TOTES LES CÀRREGUES:**

```
function [AC_shift] = AC_shift(Pn,n,fs1,fs2);
%Modelització aire condicionat
t=1:1:1440;
AC_shift = ((t>=0)&(t<720)).*(Pn*0)+((t>=720)&(t<(760))).*(Pn*n*fs2)+...

((t>=760)&(t<780)).*(Pn*n*fs2*0.3)+((t>=780)&(t<(810))).*(Pn*n*fs2)+...

((t>=810)&(t<840)).*(Pn*n*fs2*0.3)+((t>=840)&(t<(860))).*(Pn*n*fs2)+...

((t>=860)&(t<900)).*(Pn*n*fs2*0.3)+((t>=900)&(t<(920))).*(Pn*n*fs2)+...

((t>=920)&(t<950)).*(Pn*n*fs2*0.3)+((t>=950)&(t<(960))).*(Pn*n*fs2)+...

((t>=960)&(t<1000)).*(Pn*n*fs1*0.3)+((t>=1000)&(t<(1030))).*(Pn*n*fs1)+...

((t>=1030)&(t<1060)).*(Pn*n*fs1*0.3)+((t>=1060)&(t<(1090))).*(Pn*n*fs1)+...

((t>=1090)&(t<1120)).*(Pn*n*fs1*0.3)+((t>=1120)&(t<(1150))).*(Pn*n*fs1)+...

((t>=1150)&(t<1180)).*(Pn*n*fs1*0.3)+((t>=1180)&(t<(1210))).*(Pn*n*fs1)+...

((t>=1210)&(t<1240)).*(Pn*n*fs1*0.3)+((t>=1240)&(t<(1270))).*(Pn*n*fs1)+...

((t>=1270)&(t<1300)).*(Pn*n*fs1*0.3)+((t>=1300)&(t<(1330))).*(Pn*n*fs1)+...

((t>=1330)&(t<1360)).*(Pn*n*fs1*0.3)+((t>=1360)&(t<(1390))).*(Pn*n*fs1);
EnAC_shift = sum(AC_shift)/60;
assignin('base','AC_shift',AC_shift);
assignin('base','EnAC_shift',EnAC_shift);
end

function [ACS] = ACS(Pn,minin1, durada1, fu1, minin2, durada2, fu2,minin3,
durada3, fu3);
%Modelització aigua calenta sanitària
t=1:1:1440;
if fu1 <= 1 && fu1 >= 0 && fu2 <= 1 && fu2 >= 0 && fu3 <= 1 && fu3 >= 0 ;
    ACS =
((t>=0)&(t<minin1)).*(0)+((t>=minin1)&(t<(minin1+durada1))).*(Pn*fu1)+...

((t>=minin1+durada1)&(t<minin2)).*(0)+((t>=minin2)&(t<(minin2+durada2))).*(P
n*fu2)+...

((t>=minin2+durada2)&(t<minin3)).*(0)+((t>=minin3)&(t<(minin3+durada3))).*(P
n*fu3)+...

((t>=minin3+durada3)&(t<1440)).*(0);
end
EnACS=sum(ACS)/60;
assignin('base','ACS',ACS);
assignin('base','EnACS',EnACS);
end

function [Altres1] = Altres1(Pn,minin,minfi,fs,fu);
%Modelització Altres1
t=1:1:1440;
if fs <= 1 && fs >= 0 && fu <= 1 && fu >= 0;
```

```

        Altres1 =
        ((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<minfi)).*(Pn*fs*fu)+((t>=minfi)&(t<14
40)).*(Pn*0) ;
        end
        EnAltres1=sum(Altres1)/60;
        assignin('base','EnAltres1',EnAltres1);
        assignin('base','Altres1',Altres1);
end

```

```

function [Altres2] = Altres2(Pn,minin,minfi,fs,fu);
%Modelització Altres2
    t=1:1:1440;
    if fs <= 1 && fs >= 0 && fu <= 1 && fu >= 0;
        Altres2 =
        ((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<minfi)).*(Pn*fs*fu)+((t>=minfi)&(t<14
40)).*(Pn*0) ;
        end
        EnAltres2=sum(Altres2)/60;
        assignin('base','EnAltres2',EnAltres2);
        assignin('base','Altres2',Altres2);
end

```

```

function [Altres3] = Altres3(Pn,minin,minfi,fs,fu);
%Modelització Altres3
    t=1:1:1440;
    if fs <= 1 && fs >= 0 && fu <= 1 && fu >= 0;
        Altres3 =
        ((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<minfi)).*(Pn*fs*fu)+((t>=minfi)&(t<14
40)).*(Pn*0) ;
        end
        EnAltres3=sum(Altres3)/60;
        assignin('base','EnAltres3',EnAltres3);
        assignin('base','Altres3',Altres3);
end

```

```

function [Assecadora] = Assecadora(Pn,minin);
%Modelització Assecadora
    t=1:1:1440;
    Assecadora =
    ((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<(minin+15))).*(Pn*1.15)+...

    ((t>=(minin+15))&(t<(minin+20))).*(Pn*0.08)+((t>=(minin+20))&(t<(minin+30))).*(
Pn)+...

    ((t>=(minin+30))&(t<(minin+40))).*(Pn*0.08)+((t>=(minin+40))&(t<(minin+45))).*(
Pn)+...

    ((t>=(minin+45))&(t<(minin+55))).*(Pn*0.1)+((t>=(minin+55))&(t<(minin+60))).*(
Pn)+...

    ((t>=(minin+60))&(t<(minin+80))).*(Pn*0.08)+((t>=(minin+80))&(t<1440)).*(Pn*0)
;
    EnAssecadora = sum(Assecadora)/60;
    assignin('base','Assecadora',Assecadora);
    assignin('base','EnAssecadora',EnAssecadora);

```

```
end
```

```
function [BombPisc] = BombPisc(Pn,minin,minfi);
%Modelització Bomba piscina
    t=1:1:1440;
    BombPisc =
    ((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<minfi)).*(Pn)+((t>=(minfi))&(t<1440)).*(
    Pn*0) ;
    EnBombPisc=sum(BombPisc)/60;
    assignin('base','EnBombPisc',EnBombPisc);
    assignin('base','BombPisc',BombPisc);
end
```

```
function [Cafetera] = Cafetera(Pn,minin1,minin2,minin3);
%Modelització Cafetera
    t=1:1:1440;
    Cafetera =
    ((t>=0)&(t<minin1)).*(0)+((t>=minin1)&(t<(minin1+1.5))).*(Pn)+...
    ((t>=(minin1+1.5))&(t<minin2)).*(0)+((t>=minin2)&(t<(minin2+1.5))).*(Pn)+...
    ((t>=(minin2+1.5))&(t<minin3)).*(0)+((t>=minin3)&(t<(minin3+1.5))).*(Pn)+...
    ((t>=(minin3+1.5))&(t<1440)).*(0);
    EnCafetera=sum(Cafetera)/60;
    assignin('base','Cafetera',Cafetera);
    assignin('base','EnCafetera',EnCafetera);
end
```

```
function [Calefaccio] = Calefaccio(Pn);
%Modelització Bomba de calor calefacció
    t=1:1:1440;
    Calefaccio = ((t>=0)&(t<=1440)).*(Pn*0.18);
    EnCalefaccio = sum(Calefaccio)/60;
    assignin('base','Calefaccio',Calefaccio);
    assignin('base','EnCalefaccio',EnCalefaccio);
end
```

```
function [Congelador] = Congelador(Pn);
%Modelització congelador
    tm=1:1:1440;
    t=tm+10;
    Congelador = ((t>=0)&(t<15)).*(Pn)+((t>=15)&(t<60)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=60)&(t<65)).*(Pn)+((t>=65)&(t<120)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=120)&(t<125)).*(Pn)+((t>=125)&(t<180)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=180)&(t<185)).*(Pn)+((t>=185)&(t<240)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=240)&(t<245)).*(Pn)+((t>=245)&(t<300)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=300)&(t<305)).*(Pn)+((t>=305)&(t<360)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=360)&(t<365)).*(Pn)+((t>=365)&(t<420)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=420)&(t<425)).*(Pn)+((t>=425)&(t<480)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=480)&(t<490)).*(Pn)+((t>=490)&(t<540)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=540)&(t<550)).*(Pn)+((t>=550)&(t<600)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=600)&(t<610)).*(Pn)+((t>=610)&(t<660)).*(0.1*Pn)+...
    ((t>=660)&(t<665)).*(Pn)+((t>=665)&(t<720)).*(0.1*Pn)+...
```

```

((t>=720) & (t<735)) .* (Pn) + ((t>=735) & (t<780)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=780) & (t<795)) .* (Pn) + ((t>=795) & (t<840)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=840) & (t<855)) .* (Pn) + ((t>=855) & (t<900)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=900) & (t<910)) .* (Pn) + ((t>=910) & (t<960)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=960) & (t<970)) .* (Pn) + ((t>=970) & (t<1020)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1020) & (t<1030)) .* (Pn) + ((t>=1030) & (t<1080)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1080) & (t<1090)) .* (Pn) + ((t>=1090) & (t<1140)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1140) & (t<1150)) .* (Pn) + ((t>=1150) & (t<1200)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1200) & (t<1210)) .* (Pn) + ((t>=1210) & (t<1260)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1260) & (t<1270)) .* (Pn) + ((t>=1270) & (t<1320)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1320) & (t<1330)) .* (Pn) + ((t>=1330) & (t<1380)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1380) & (t<1390)) .* (Pn) + ((t>=1390) & (t<1440)) .* (0.1*Pn) ;
EnCongelador = sum(Congelador)/60;
assignin('base','Congelador',Congelador);
assignin('base','EnCongelador',EnCongelador);
end

```

```

function [Forn] = Forn(Pn,minin,durada);
%Modelització forn
t=1:1:1440;
Forn =
((t>=0) & (t<minin)) .* (0) + ((t>=minin) & (t<(minin+(durada/4)))) .* (Pn) + ...
((t>= (minin+(durada/4))) & (t<(minin+(durada/3)))) .* (0) + ...
((t>= (minin+(durada/3))) & (t<(minin+(durada/2.5)))) .* (Pn) + ...
((t>= (minin+(durada/2.5))) & (t<(minin+(durada/2)))) .* (0) + ...
((t>= (minin+(durada/2))) & (t<(minin+(durada/1.5)))) .* (Pn) + ...
((t>= (minin+(durada/1.5))) & (t<(minin+(durada/1.2)))) .* (0) + ...
((t>= (minin+(durada/1.2))) & (t<(minin+(durada)))) .* (Pn) + ...
((t>= (minin+(durada)) & (t<1440)) .* (0);
EnForn = sum(Forn)/60;
assignin('base','Forn',Forn);
assignin('base','EnForn',EnForn);
end

```

```

function [Frigorific] = Frigorific(Pn);
%Modelització frigorífic
t=1:1:1440;
Frigorific = ((t>=0) & (t<15)) .* (Pn) + ((t>=15) & (t<60)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=60) & (t<65)) .* (Pn) + ((t>=65) & (t<120)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=120) & (t<125)) .* (Pn) + ((t>=125) & (t<180)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=180) & (t<185)) .* (Pn) + ((t>=185) & (t<240)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=240) & (t<245)) .* (Pn) + ((t>=245) & (t<300)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=300) & (t<305)) .* (Pn) + ((t>=305) & (t<360)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=360) & (t<370)) .* (Pn) + ((t>=370) & (t<420)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=420) & (t<435)) .* (Pn) + ((t>=435) & (t<480)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=480) & (t<495)) .* (Pn) + ((t>=495) & (t<540)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=540) & (t<555)) .* (Pn) + ((t>=555) & (t<600)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=600) & (t<615)) .* (Pn) + ((t>=615) & (t<660)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=660) & (t<670)) .* (Pn) + ((t>=670) & (t<720)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=720) & (t<735)) .* (Pn) + ((t>=735) & (t<780)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=780) & (t<800)) .* (Pn) + ((t>=800) & (t<840)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=840) & (t<860)) .* (Pn) + ((t>=860) & (t<900)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=900) & (t<915)) .* (Pn) + ((t>=915) & (t<960)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=960) & (t<975)) .* (Pn) + ((t>=975) & (t<1020)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1020) & (t<1035)) .* (Pn) + ((t>=1035) & (t<1080)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1080) & (t<1095)) .* (Pn) + ((t>=1095) & (t<1140)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1140) & (t<1155)) .* (Pn) + ((t>=1155) & (t<1200)) .* (0.1*Pn) + ...
((t>=1200) & (t<1220)) .* (Pn) + ((t>=1220) & (t<1260)) .* (0.1*Pn) + ...

```

```

        ((t>=1260)&(t<1275)).*(Pn)+((t>=1275)&(t<1320)).*(0.1*Pn)+...
        ((t>=1320)&(t<1330)).*(Pn)+((t>=1330)&(t<1380)).*(0.1*Pn)+...
        ((t>=1380)&(t<1390)).*(Pn)+((t>=1390)&(t<1440)).*(0.1*Pn) ;
    EnFrigorific = sum(Frigorific)/60;
    assignin('base','Frigorific',Frigorific);
    assignin('base','EnFrigorific',EnFrigorific);
end

function [Llum] = Llum(Pn,n1,minin1, minfi1, fs1, fu1,n2, minin2, minfi2, fs2,
fu2);
%Modelització llums
    t=1:1:1440;
    if fs1 <= 1 && fs1 >= 0 && fs2 <= 1 && fs2 >= 0 && fu1 <= 1 && fu1 >= 0 &&
fu2 <= 1 && fu2 >= 0 ;
        Llum =
        ((t>=0)&(t<minin1)).*(0)+((t>=minin1)&(t<minfi1)).*(Pn*n1*fs1*fu1)+...

        ((t>=minfi1)&(t<minin2)).*(0)+((t>=minin2)&(t<minfi2)).*(Pn*n2*fs2*fu2)+...
        ((t>=minfi2)&(t<1440)).*(0);
    end
    EnLlum=sum(Llum)/60;
    assignin('base','Llum',Llum);
    assignin('base','EnLlum',EnLlum);
end

function [Microones] = Microones(Pn,stby, minin1, durada1, fu1, minin2,
durada2, fu2,minin3, durada3, fu3);
%Modelització microones
    t=1:1:1440;
    if fu1 <= 1 && fu1 >= 0 && fu2 <= 1 && fu2 >= 0 && fu3 <= 1 && fu3>= 0 ;
        Microones =
        ((t>=0)&(t<minin1)).*(stby)+((t>=minin1)&(t<(minin1+durada1))).*(Pn*fu1)+...

        ((t>=(minin1+durada1))&(t<minin2)).*(stby)+((t>=minin2)&(t<(minin2+durada2))).
        *(Pn*fu2)+...

        ((t>=(minin2+durada2))&(t<minin3)).*(stby)+((t>=minin3)&(t<(minin3+durada3))).
        *(Pn*fu3)+...
        ((t>=(minin3+durada3))&(t<1440)).*(stby);
    end
    EnMicroones=sum(Microones)/60;
    assignin('base','Microones',Microones);
    assignin('base','EnMicroones',EnMicroones);
end

function [Persianes] = Persianes(Pn,n,minin1,fs1,minin2,fs2,minin3,fs3);
%Modelització persianes
    t=1:1:1440;
    if fs1 <= 1 && fs1 >= 0 && fs2 <= 1 && fs2 >= 0 && fs3 <= 1 && fs3 >= 0 ;
        Persianes =
        ((t>=0)&(t<minin1)).*(0)+((t>=minin1)&(t<(minin1+0.5))).*(Pn*n*fs1)+...

        ((t>=(minin1+0.5))&(t<minin2)).*(0)+((t>=minin2)&(t<(minin2+0.5))).*(Pn*n*fs2)
        +...

```

```

((t>=(minin2+0.5)) & (t<minin3)) .* (0) + ((t>=minin3) & (t<(minin3+0.5))) .* (Pn*n*fs3)
+...
    ((t>=minin3+0.5) & (t<1440)) .* (0);
end
EnPersianes=sum(Persianes)/60;
assignin('base','Persianes',Persianes);
assignin('base','EnPersianes',EnPersianes);
end

```

```

function [PlacaInduccio1] = PlacaInduccio1(Pn,minin,durada);
%Modelització Placa Inducció
t=1:1:1440;
PlacaInduccio1 =
((t>=0) & (t<minin)) .* (0) + ((t>=minin) & (t<(minin+(durada/4)))) .* (Pn) +...
    ((t>=(minin+(durada/4)) & (t<(minin+(durada/2)))) .* (Pn*0.5) +...
    ((t>=(minin+(durada/2)) & (t<(minin+(durada/1.3)))) .* (Pn*0.8) +...
    ((t>=(minin+(durada/1.3)) & (t<(minin+(durada)))) .* (Pn*0.5) +...
    ((t>=(minin+(durada)) & (t<1440)) .* (0);
EnPlacaInduccio1 = sum(PlacaInduccio1)/60;
assignin('base','PlacaInduccio1',PlacaInduccio1);
assignin('base','EnPlacaInduccio1',EnPlacaInduccio1);
end

```

```

function [PlacaInduccio2] = PlacaInduccio2(Pn,minin,durada);
%Modelització Placa inducció
t=1:1:1440;
PlacaInduccio2 =
((t>=0) & (t<minin)) .* (0) + ((t>=minin) & (t<(minin+(durada/4)))) .* (Pn) +...
    ((t>=(minin+(durada/4)) & (t<(minin+(durada/2)))) .* (Pn*0.5) +...
    ((t>=(minin+(durada/2)) & (t<(minin+(durada/1.3)))) .* (Pn*0.8) +...
    ((t>=(minin+(durada/1.3)) & (t<(minin+(durada)))) .* (Pn*0.5) +...
    ((t>=(minin+(durada)) & (t<1440)) .* (0);
EnPlacaInduccio2 = sum(PlacaInduccio2)/60;
assignin('base','PlacaInduccio2',PlacaInduccio2);
assignin('base','EnPlacaInduccio2',EnPlacaInduccio2);
end

```

```

function [PortaEnt] = PortaEnt(Pn,minin1,minin2,minin3,minin4);
%Modelització porta entrada
t=1:1:1440;
PortaEnt =
((t>=0) & (t<minin1)) .* (0) + ((t>=minin1) & (t<(minin1+0.75))) .* (Pn) +...
((t>=(minin1+0.75) & (t<minin2)) .* (0) + ((t>=minin2) & (t<(minin2+0.75))) .* (Pn) +...
((t>=(minin2+0.75) & (t<minin3)) .* (0) + ((t>=minin3) & (t<(minin3+0.75))) .* (Pn) +...
((t>=(minin3+0.75) & (t<minin4)) .* (0) + ((t>=minin4) & (t<(minin4+0.75))) .* (Pn) +...
    ((t>=(minin4+0.75) & (t<1440)) .* (0);
EnPortaEnt=sum(PortaEnt)/60;
assignin('base','PortaEnt',PortaEnt);
assignin('base','EnPortaEnt',EnPortaEnt);
end

```

```

function [PortaGar] = PortaGar(Pn,minin1,minin2,minin3,minin4);
%Modelització porta garatge
    t=1:1:1440;
    PortaGar =
    ((t>=0)&(t<minin1)).*(0)+((t>=minin1)&(t<(minin1+0.75))).*(Pn)+...

    ((t>=(minin1+0.75))&(t<minin2)).*(0)+((t>=minin2)&(t<(minin2+0.75))).*(Pn)+...

    ((t>=(minin2+0.75))&(t<minin3)).*(0)+((t>=minin3)&(t<(minin3+0.75))).*(Pn)+...

    ((t>=(minin3+0.75))&(t<minin4)).*(0)+((t>=minin4)&(t<(minin4+0.75))).*(Pn)+...
    ((t>=(minin4+0.75))&(t<1440)).*(0);
    EnPortaGar=sum(PortaGar)/60;
    assignin('base','PortaGar',PortaGar);
    assignin('base','EnPortaGar',EnPortaGar);
end

```

```

function [Rentadora] = Rentadora(Pn,minin)
%Modelització rentadora
    t=1:1:1440;
    Rentadora =
    ((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<(minin+15))).*(Pn*1.2)+...
    ((t>=(minin+15))&(t<(minin+20))).*(Pn*0.4)+...
    ((t>=(minin+20))&(t<(minin+35))).*(Pn)+...
    ((t>=(minin+35))&(t<(minin+85))).*(Pn*0.3)+...
    ((t>=(minin+85))&(t<1440)).*(Pn*0);
    EnRentadora=sum(Rentadora)/60;
    assignin('base','Rentadora',Rentadora);
    assignin('base','EnRentadora',EnRentadora);
end

```

```

function [Rentavaixella] = Rentavaixella(Pn,minin)
%Modelització rentavaixella
    t=1:1:1440;
    Rentavaixella =
    ((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<(minin+10))).*(0.45*Pn)+...
    ((t>=(minin+10))&(t<(minin+20))).*(Pn*1.25)+...
    ((t>=(minin+20))&(t<(minin+50))).*(Pn*0.35)+...
    ((t>=(minin+50))&(t<(minin+60))).*(Pn)+...
    ((t>=(minin+60))&(t<(minin+70))).*(0.35*Pn)+...
    ((t>=(minin+70))&(t<(minin+90))).*(0.45*Pn)+...
    ((t>=(minin+90))&(t<1440)).*(Pn*0);
    EnRentavaixella=sum(Rentavaixella)/60;
    assignin('base','Rentavaixella',Rentavaixella);
    assignin('base','EnRentavaixella',EnRentavaixella);
end

```

```

function [TV] = TV(Pn,n,stby,minin1, minfi1, fs1, fu1, minin2, minfi2, fs2,
fu2,minin3, minfi3, fs3, fu3);
%Modelització TV
    t=1:1:1440;

```



```

        if fs1 <= 1 && fs1 >= 0 && fs2 <= 1 && fs2 >= 0 && fu1 <= 1 && fu1 >= 0 &&
fu2 <= 1 && fu2 >= 0 ;
            TV =
((t>=0)&(t<minin1)).*(stby)+((t>=minin1)&(t<minfi1)).*(Pn*n*fs1*fu1)+...

((t>=minfi1)&(t<minin2)).*(stby)+((t>=minin2)&(t<minfi2)).*(Pn*n*fs2*fu2)+...

((t>=minfi2)&(t<minin3)).*(stby)+((t>=minin3)&(t<minfi3)).*(Pn*n*fs3*fu3)+...
            ((t>=minfi3)&(t<1440)).*(stby);
        end
        EnTV=sum(TV)/60;
        assignin('base','TV',TV);
        assignin('base','EnTV',EnTV);
end

function [VarisBany] = VarisBany(Pn,minin,minfi,fs,fu)
%Modelització VarisBany
    t=1:1:1440;
    if fs <= 1 && fs >= 0 && fu <= 1 && fu >= 0;
        VarisBany =
((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<minfi)).*(Pn*fs*fu)+((t>=(minfi))&(t<14
40)).*(Pn*0) ;
    end
    EnVarisBany=sum(VarisBany)/60;
    assignin('base','VarisBany',VarisBany);
    assignin('base','EnVarisBany',EnVarisBany);
end

function [VarisCuinal] = VarisCuinal(Pn,minin,minfi,fs,fu);
%Modelització VarisCuinal
    t=1:1:1440;
    if fs <= 1 && fs >= 0 && fu <= 1 && fu >= 0;
        VarisCuinal =
((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<minfi)).*(Pn*fs*fu)+((t>=(minfi))&(t<14
40)).*(Pn*0) ;
    end
    EnVarisCuinal=sum(VarisCuinal)/60;
    assignin('base','VarisCuinal',VarisCuinal);
    assignin('base','EnVarisCuinal',EnVarisCuinal);
end

function [VarisCuina2] = VarisCuina2(Pn,minin,minfi,fs,fu);
%Modelització VarisCuina2
    t=1:1:1440;
    if fs <= 1 && fs >= 0 && fu <= 1 && fu >= 0;
        VarisCuina2 =
((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<minfi)).*(Pn*fs*fu)+((t>=(minfi))&(t<14
40)).*(Pn*0) ;
    end
    EnVarisCuina2=sum(VarisCuina2)/60;
    assignin('base','VarisCuina2',VarisCuina2);
    assignin('base','EnVarisCuina2',EnVarisCuina2);
end

```

```
function [VarisNeteja] = VarisNeteja(Pn,minin,minfi,fs,fu);  
%Modelització VarisNeteja  
    t=1:1:1440;  
    if fs <= 1 && fs >= 0 && fu <= 1 && fu >= 0;  
        VarisNeteja =  
        ((t>=0)&(t<minin)).*(0)+((t>=minin)&(t<minfi)).*(Pn*fs*fu)+((t>=minfi)&(t<1440)).*(Pn*0) ;  
    end  
    EnVarisNeteja=sum(VarisNeteja)/60;  
    assignin('base','VarisNeteja',VarisNeteja);  
    assignin('base','EnVarisNeteja',EnVarisNeteja);  
end
```



ANNEX V. CERTIFICACIONS I FITXES TÈCNIQUES FABRICANTS PRINCIPALS

1. CERTIFICAT DE NO ABOCAMENT A XARXA DEL CONVERTIDOR
2. CERTIFICAT DE QUALITAT DEL SUBMINISTRE DE POTÈNCIA ELÈCTRICA DEL CONVERTIDOR
3. FITXA TÈCNICA DEL CONVERTIDOR
4. FITXA TÈCNICA EMS BOARD
5. FITXA TÈCNICA DELS MÒDULS FOTOVOLTAICS
6. FITXA TÈCNICA DE LES BATERIES

Certificado de producto número

Nº: 2616/0508 – J1 - CER

Fabricante	Ingeteam Power Technology S.A - Energy Polígono Industrial El Juncarillo, Nave 1, 31293 Sesma (Navarra), Spain	
Marca	Ingeteam	
Tipo	1Play	
Modelo ensayado	INGECON SUN STORAGE 6TL	
Modelos variantes	INGECON SUN STORAGE 3TL / INGECON SUN STORAGE 3TL Basic / INGECON SUN STORAGE 6TL Basic	
Tipo de aparato	Convertidor de potencia estático	
Datos técnicos	Potencia nominal	Ver página 2
	Tensión nominal	Ver página 2
	Frecuencia nominal	Ver página 2
	Versión Firmware	ABH1002
	Número de fases	Monofásico
	Transformador de aislamiento	NO
	Elemento de control	Interno / Externo (ver página 2)
Normativa	UNE 217001 IN: 2015. Requisitos y ensayos para sistemas que eviten el vertido de energía a la red de distribución.	

El equipo antes mencionado está certificado conforme con el procedimiento interno de SGS PE.T-ECPE-51 de acuerdo con los requisitos de la norma UNE-EN ISO/IEC 17065.

El certificado contiene la siguiente información:

- Datos técnicos de los generadores de potencia
- Datos técnicos del analizador de potencia y de los elementos de control.
- Esquema de la instalación de limitación de potencia con los elementos que la componen y tipo de comunicaciones empleado.

Este certificado es válido hasta: 9 de agosto de 2021

Madrid, 9 de agosto de 2018



Daniel Arranz Muñoz
Director de Certificación



Generadores

INGECON SUN STORAGE 1Play				
	3TL	6TL	3TL Basic	6TL Basic
CC				
Rango de Tensión Baterías (1)	48 - 300 V	96 - 300 V	48 - 300 V	48 - 300 V
Rango de Tensión MPPT (2)	300 - 450 V	300 - 450 V	300 - 450 V	300 - 450 V
Tensión máxima	550 V	550 V	550 V	50 V
Corriente máxima (1) / (2)	50 A / 20 A	50 A / 20 A	50 A / 20 A	50 A / 20 A
CA				
Potencia nominal	3 kW	6 kW	3 kW	6 kW
Corriente máxima	13 A	26 A	13 A	26 A
Tensión nominal	230 V	230 V	230 V	230 V
Frecuencia nominal	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz

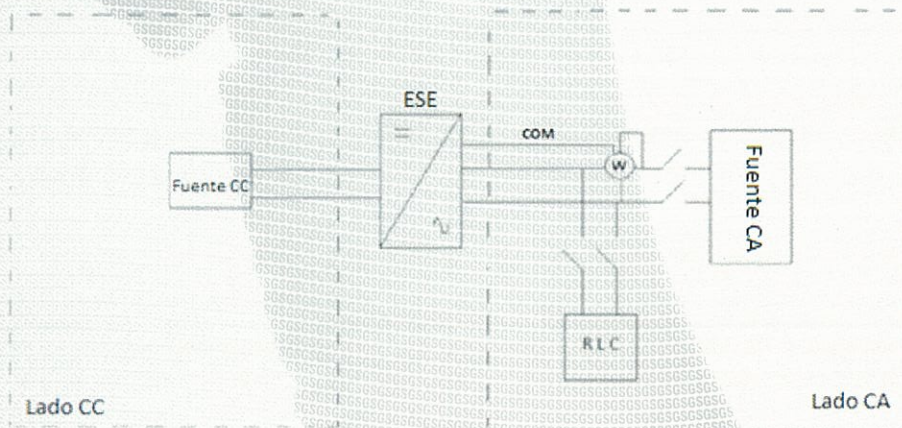
Elemento de control:

Tipo	Denominación	Versión firmware
Interno	EMS Board	AAX1055_U
Externo	EMS Manager	AAX1031AM

Analizador de potencia:

Analizador de potencia:	Carlo Galvazzi
Modelo:	EM24-DIN. AV9.3.X.IS.X
Versión firmware:	Versión A, Revisión 0 (2012)
Modo de conexión:	Trifásico
Tensión nominal:	3x230 V / 400 V
Intensidad nominal:	65 A
Clase y tolerancia:	Clase 1 P & S = ±1% lec. +2 dígit
Tiempo de refresco:	< 700 ms
Puerto de comunicación serie:	RS 485 (estándar)
Grado de protección:	IP50 (frontal)

Esquema de la instalación



SGS Tecnos, S.A.U. c/ Trespaderna, 29 - 28042 Madrid

Tlf: 91 313 80 00; Fax: 91 313 80 93 www.sgs.es

This certificate is issued by SGS under its General Conditions

for Product Certification at www.sgs.com/terms_and_conditions.

This document cannot be reproduced partially

Nº 2616/0508 – J1-CER

Page 2 of 2

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

INGETEAM POWER TECHNOLOGY S.A. certifica que el inversor de conexión a red:

INGECON SUN STORAGE 3TL

INGECON SUN STORAGE 6TL

INGECON SUN STORAGE 3TL Basic

INGECON SUN STORAGE 6TL Basic

con cualquiera de las configuraciones del menú "ESPAÑA" cumplen lo siguiente:

- Ostenta el **marcado CE** en virtud del cumplimiento de los requisitos de Seguridad para personas y bienes exigidos por las Directivas Comunitarias que le aplican y para cuyo cumplimiento se han utilizado las normas armonizadas que mejor se ajustan al producto:

Directivas aplicables	Directiva de Baja Tensión 2006/95/CE.	Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CE.
Normas armonizadas empleadas	EN 62109-1 Seguridad Eléctrica	EN 61000-6-2 Inmunidad Entorno Industrial
	EN 62109-2 Seguridad Eléctrica	EN 61000-6-3 Emisión Entorno Residencial
	EN 50178 Seguridad Eléctrica	EN 61000-3-2 Nivel de Corrientes Armónicas (*)
		EN 61000-3-12 Nivel de Corrientes Armónicas (*)

(*) Se ha aplicado EN61000-3-2 a aquellos equipos con corriente nominal inferior o igual a 16 A y EN61000-3-12 a aquellos con corriente nominal superior a 16 A.

- Cumple con la normativa establecida en el Real Decreto 1699/2011 de 18 de Noviembre de 2011 por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, así como con las modificaciones introducidas por el Real Decreto 413/2014 de 6 de Junio.

- Dispone de protecciones de tensión y frecuencia para la desconexión del inversor según los siguientes valores:

Sobretensión-fase 1	253 V (110% de Vn)	Tiempo de desconexión	max 1.5 s.
Sobretensión-fase 2	264.5 V (115% de Vn)	Tiempo de desconexión	max 0.2 s.
Tensión mínima	195.5 V (85% de Vn)	Tiempo de desconexión	max 1.5 s. (**)
Frecuencia máxima	51 Hz	Tiempo de desconexión	max 0.5 s.
Frecuencia mínima	48 Hz (***)	Tiempo de desconexión	min 3 s.

(**) Si el equipo se configura según requisitos de P.O.12.3, se cumplen todos los requisitos salvo esta temporización que quedará supeditada al cumplimiento de P.O.12.3.

(***) En los sistemas insulares este límite cambia a 47.5 Hz con la misma temporización.

El cambio de los valores de estas protecciones no es accesible al usuario.

- El inversor incluye protección contra funcionamiento en isla que cumple los requerimientos de la norma EN 62116.
- El inversor incorpora separación electro-mecánica entre la red de distribución y la instalación. Las funciones de supervisión y protección internas actúan sobre el interruptor de separación. La corriente continua inyectada por el inversor a la red es inferior al 0,5% de la corriente nominal.
- El inversor incorpora internamente un vigilante de aislamiento de la parte de corriente continua que actúa en caso de detectar una deriva a tierra. Esta situación se señaliza en el frente del equipo con un LED rojo y provoca la desconexión del inversor. Si la situación se corrige, el inversor rearma automáticamente.
- Si se hubiera habilitado la solución de autoconsumo instantáneo de INGETEAM, certificada por SGS, ésta se realiza mediante software. Dicho software y sus ajustes no son accesibles al usuario.

NOTA: ESTE CERTIFICADO INVALIDA Y SUSTITUYE OTRO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CON FECHA ANTERIOR A LA DE ÉSTE SI EXISTIESE

Sarriguren, November 2016



D. Roberto González Senosiáin
Director I+D Departamento Solar FV

Ingeteam Power Technology, S.A.

Energy

Av. Ciudad de la Innovación, 13 E-31621 Sarriguren (Navarra) SPAIN

Tel +34 948 288000 Fax +34 948 288001 energy@ingeteam.com

www.ingeteam.com

INVERSOR DE BATERÍAS MONOFÁSICO SIN TRANSFORMADOR

3TL / 6TL

El inversor de baterías INGECON® SUN STORAGE 1Play es un equipo monofásico bidireccional que puede ser utilizado tanto en sistemas aislados como conectados a la red general de distribución.

Gestión de baterías

El equipo INGECON® SUN STORAGE 1Play dispone de una avanzada tecnología de control de carga y descarga del sistema de almacenamiento, que asegura la máxima vida útil de las baterías. La temperatura de las baterías puede ser vigilada en todo momento, asegurando su correcto funcionamiento y durabilidad. El inversor integra un sistema de precarga para evitar las sobrecorrientes iniciales de precarga.

Generador auxiliar

El inversor INGECON® SUN STORAGE 1Play permite la conexión de un generador auxi-

liar si es necesario. Además, es posible encender el inversor usando este generador, para poder cargar las baterías cuando están completamente descargadas.

Entrada fotovoltaica

Opcionalmente, los nuevos inversores INGECON® SUN STORAGE 1Play pueden incorporar una entrada fotovoltaica. Gracias a esta entrada, el campo FV puede conectarse directamente al inversor.

Energy Management System

Opcionalmente, el inversor puede integrar un sistema de gestión de energía (EMS Board). El EMS Board permite funcionalidades más avanzadas, como autoconsumo o soporte de red.

Garantía de 5 años, ampliable hasta 25 años



PROTECCIONES

- Sobretensiones AC.
- Fallos de aislamiento.
- Soporta cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Seccionador DC para el campo FV.

ACCESORIOS OPCIONALES

- Comunicación RS-485.
- Comunicación Ethernet.
- INGECON® SUN EMS Board con comunicación Wi-Fi y Ethernet.

ACCESORIOS INTEGRADOS

- Entrada FV.
- Comunicación CAN para baterías inteligentes.
- Entrada libre de potencial configurable.
- Salidas libres de potencial configurables, algunas para la conexión y desconexión del generador auxiliar.
- Sistema de precarga DC.
- Circuito de medición de temperatura de baterías. Es necesaria una PT100 de 3 hilos.

3TL / 6TL

Modos de funcionamiento:

– Modo Aislado

El inversor INGECON® SUN STORAGE 1Play genera una red alterna aislada y actúa como gestor de la red, garantizando el equilibrio entre la generación, el consumo y el sistema de almacenamiento. Para conseguirlo, controla el flujo de energía entre la red y las baterías en función de la situación en todo momento.

El inversor INGECON® SUN STORAGE 1Play permite la integración en la red de una fuente de energía solar mediante el uso de inversores INGECON® SUN. Un avanzado sistema de control que no requiere de comunicaciones gestiona la potencia producida por los paneles fotovoltaicos, basándose en los datos de consumo y en el estado de carga de las baterías. La fuente de generación de auxiliar (un generador o la red pública) sólo se conecta cuando el estado de carga de las baterías es inferior a un determinado nivel programable.

– Modo Back-up

Este modo de funcionamiento ha sido concebido para sistemas conectados a la red, donde las caídas de red son largas y frecuentes, y una fuente de energía auxiliar es necesaria. El inversor INGECON® SUN STORAGE 1Play opera conectado a la red alterna. Con el fin de garantizar una fuente de energía, el inversor mantiene las baterías cargadas. Durante una caída de red, el inversor de baterías genera la red AC y la energía almacenada en las baterías se usa para alimentar las cargas. Si hay fuentes de energía renovable conectadas a la red y la energía generada es mayor que la demandada, el excedente puede ser inyectado en la red.

– Modo Autoconsumo

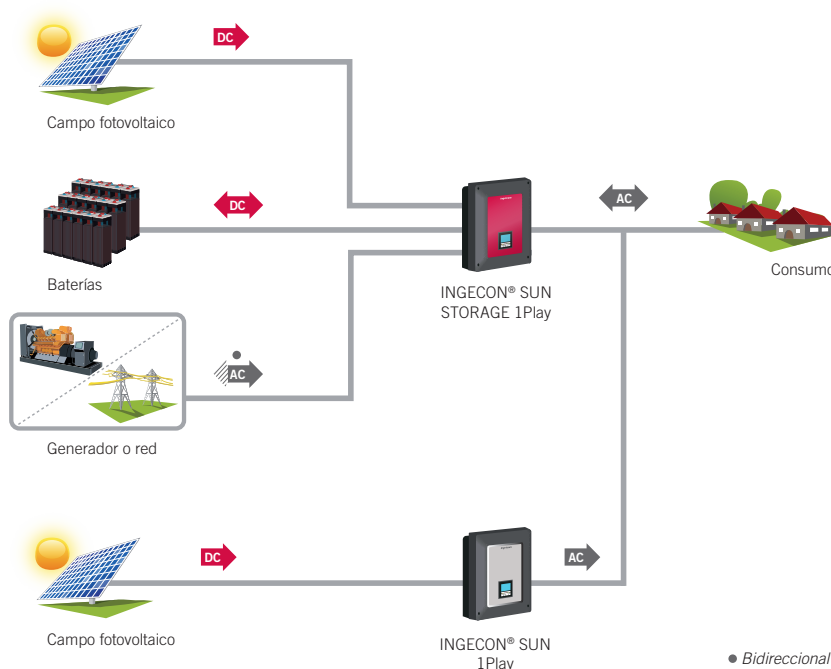
Este modo de funcionamiento se dirige a sistemas de conexión a red con fuentes de energía renovable, con el fin de minimizar el consumo desde la red. Si la producción de energía es mayor que la demanda, el excedente se puede usar para cargar las baterías o para inyectar en la red, si las baterías están completamente cargadas. Si las cargas requieren de más energía que la producida por las fuentes renovables, las baterías serían las encargadas de satisfacer esa demanda, aumentando el ratio de autoconsumo.

– Soporte de red

En este modo de funcionamiento el inversor opera bajo las instrucciones de un controlador externo (EMS). Así, en combinación con el EMS Board y un vatímetro externo, el inversor es capaz de adaptar la potencia de salida a un valor determinado. Gracias a esto, diferentes opciones están disponibles: control de rampa, autoconsumo o potencia de salida constante en una planta FV.

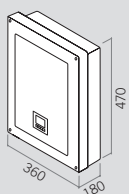
ESQUEMA DE CONEXIÓN

Monofásico



● Bidireccional sólo cuando hay red.

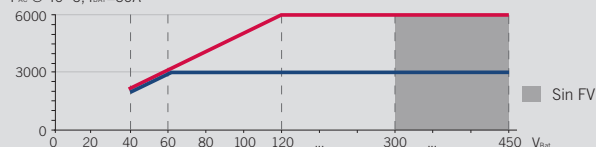
Dimensiones y peso (mm)



3TL / 6TL
26 kg.

Potencia AC en función de la tensión de baterías

$P_{AC} @ 40^\circ C, I_{BAT}=50A$



	3TL	6TL
Potencia nominal	3 kVA	6 kVA
Máx. temperatura para potencia nominal	40 °C	
Entrada de Baterías (DC)		
Rango de tensión con instalación FV ⁽¹⁾	40 ~ 300 V	
Rango de tensión sin instalación FV ⁽¹⁾	40 ~ 450 V	
Corriente carga / descarga máxima	50 A	
Tipo de batería	Plomo-ácido, ion-litio ⁽²⁾	
Comunicación con baterías de ion-litio	CAN Bus 2.0	
Entrada Campo Fotovoltaico (DC)		
Potencia máxima campo fotovoltaico	7,5 kWp	11,5 kWp
Rango de tensión MPP	330 ⁽³⁾ ~ 480 V	
Tensión máxima de entrada	550 V ⁽⁴⁾	
Corriente máxima de entrada	20 A	30 A
MPPT	1	
Número de entradas	2	
Entrada auxiliar red/generador (AC)		
Tensión nominal	230 V	
Rango de tensión	172 ~ 264 V	
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz	
Rango de frecuencia	40 ~ 70 Hz	
Potencia máxima	11,500 VA	
Corriente máxima	50 A rms	
Factor de Potencia	0 ~ 1	
Salida red de consumo (AC)		
Modo aislado (sin generador auxiliar)		
Potencia (25 °C) 30 min, 2 min, 3 s ⁽⁵⁾	3.500 / 3.900 / 5.080 W	6.400 / 6.900 / 7.900 W
Corriente máxima	13 A rms	26 A rms
Tensión nominal ⁽⁶⁾	220 ~ 240 V	
Frecuencia nominal ⁽⁶⁾	50 / 60 Hz	
Factor de Potencia	-0.8 ~ 1 ~ 0.8	
Modo conectado a red o generador auxiliar		
Corriente máxima	50 A rms	
Rango de tensión	172 ~ 264 V	
Rango de frecuencia	40 ~ 70 Hz	
Factor de Potencia	-0.8 ~ 1 ~ 0.8	
Tiempo de respuesta de la función Back-up	12 ms	
Prestaciones		
Eficiencia máxima	95,5%	96%
Euroeficiencia	95,1%	95,2%
Datos generales		
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada	
Caudal de aire	27 m³/h	45 m³/h
Consumo en stand-by	< 10 W	
Temperatura de funcionamiento	-20 ~ +65 °C	
Humedad relativa (sin condensación)	4 ~ 100 %	
Grado de protección	IP65	
Altitud máxima	2.000 m	
Marcado	CE	
Normativa EMC y de seguridad	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN62109-2, EN 50178, IEC62103, AS62040.1, FCC Part 15	
Normativa de conexión a red de distribución	DIN V VDE V 0126-1-1, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N4105:2011-08, G59/3, G83/2, AS4777.2:2015, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1:2013, UNE 206006:2011, UNE 217001 IN:2015,NRS097-2-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, DEWA, South African Grid code, IEEE 929 Thailand MEA & PEA requirements, Netbilling Chile	

Notas: ⁽¹⁾ La máxima potencia del inversor será la tensión de baterías multiplicada por la máxima corriente de descarga (50 A) ⁽²⁾ Contacte con Ingeteam para conocer el listado de baterías compatibles ⁽³⁾ En modo conectado a red, V_{mpp,min} = 1.44 x V_{ac} (tensión de la red de distribución). En modo aislado, V_{mpp,min} = 1.44 x V_{ac} (tensión nominal configurada para la red de consumos) ⁽⁴⁾ No superar en ningún caso. Considerar el aumento de tensión de los paneles 'Voc' a bajas temperaturas ⁽⁵⁾ Estas potencias están disponibles solamente si la tensión de baterías multiplicada por la máxima corriente de descarga alcanza estos valores ⁽⁶⁾ Tensión configurable a través del display.



Ingeteam

Ingeteam Power Technology, S.A.

Avda. Ciudad de la Innovación, 13
31621 SARRIGUREN (Navarra) - Spain
Tel.: +34 948 288 000 / Fax: +34 948 288 001
e-mail: solar.energy@ingeteam.com

Ingeteam S.r.l.

Via Emilia Ponente, 232
48014 CASTEL BOLOGNESE (RA) - Italy
Tel.: +39 0546 651 490 / Fax: +39 054 665 5391
e-mail: italia.energy@ingeteam.com

Ingeteam SAS

La Naurouze B - 140 rue Carmin
31670 Labège - France
Tel.: +33 (0)5 61 25 00 00 / Fax: +33 (0)5 61 25 00 11
e-mail: france@ingeteam.com

Ingeteam INC.

3550 W. Canal St.
MILWAUKEE, WI 53208 - USA
Tel.: +1 (414) 934 4100 / +1 (855) 821 7190 / Fax: +1 (414) 342 0736
e-mail: solar.us@ingeteam.com

Ingeteam, a.s.

Technologická 371/1
70800 OSTRAVA - PUSTKOVEC
Czech Republic
Tel.: +420 59 732 6800 / Fax: +420 59 732 6899
e-mail: czech@ingeteam.com

Ingeteam, S.A. de C.V.

Ave. Revolución, n° 643, Local 9
Colonia Jardín Español - MONTERREY
64820 - NUEVO LEÓN - México
Tel.: +52 81 8311 4858 / Fax: +52 81 8311 4859
e-mail: northamerica@ingeteam.com

Ingeteam Ltda.

Rua Estácio de Sá, 560
Jd. Santa Genebra
13080-010 Campinas/SP - Brazil
Tel.: +55 19 3037 3773
e-mail: brazil@ingeteam.com

Ingeteam Pty Ltd.

Unit 2 Alphen Square South
16th Road, Randjiespark
Midrand 1682 - South Africa
Tel.: +2711 314 3190 / Fax: +2711 314 2420
e-mail: southafrica@ingeteam.com

Ingeteam SpA

Los militares 5890, Torre A, oficina 401
7560742 - Las Condes
Santiago de Chile - Chile
Tel.: +56 2 29574531
e-mail: chile@ingeteam.com

Ingeteam Power Technology India Pvt. Ltd.

2nd Floor, 431
Udyog Vihar, Phase III
122016 Gurgaon (Haryana) - India
Tel.: +91 124 420 6491-5 / Fax: +91 124 420 6493
e-mail: india@ingeteam.com

Ingeteam Sp. z o.o.

Ul. Koszykowa 60/62 m 39
00-673 Warszawa - Poland
Tel.: +48 22 821 9930 / Fax: +48 22 821 9931
e-mail: polska@ingeteam.com

Ingeteam Australia Pty Ltd.

iAccelerate Centre, Building 239
Innovation Campus, Squires Way
North Wollongong, NSW 2500 - Australia
Tel.: +61 499 988 022
e-mail: australia@ingeteam.com

Ingeteam Panama S.A.

Calle Manuel Espinosa Batista, Ed. Torre Internacional
Business Center, Apto./Local 407 Urb.C45 Bella Vista
Bella Vista - Panama
Tel.: +50 761 329 467

Ingeteam Service S.R.L.

Bucuresti, Sector 2, Bulevardul Dimitrie Pompeiu Nr 5-7
Cladirea Hermes Business Campus 1, Birou 236, Etaj 2
Romania
Tel.: +40 728 993 202

Ingeteam Philippines Inc.

Office 2, Unit 330, Milelong Bldg.
Amorsolo corner Rufin St.
1230 Makati
Gran Manila - Philippines
Tel.: +63 0917 677 6039

LA GESTIÓN ENERGÉTICA MÁS EFICIENTE PARA EL AUTOCONSUMO

Los gestores energéticos INGECON® SUN EMS de Ingeteam (EMS: Energy Management System) están destinados a optimizar el consumo de energía en instalaciones de ámbito doméstico, comercial e industrial. Su objetivo es aumentar en todo momento la tasa de generación de energía desde fuentes renovables, en función de las necesidades de consumo de la instalación.

Gestor energético inteligente

La tarjeta de control INGECON® SUN EMS Board gestiona los flujos de energía de la instalación a partir de la lectura de un vatímetro colocado en el punto de conexión, enviando consignas de funcionamiento a los diferentes inversores. Este dispositivo de control y comunicación se coloca en el interior del inversor, simplificando y abaratando el conjunto de la instalación.

Conectividad avanzada

El INGECON® SUN EMS Board se conecta a los equipos de la instalación mediante su interfaz Ethernet o Wi-Fi (integrados de serie) y puede ser monitorizado con el software INGECON® SUN EMS Tools. Dicho software se utiliza también para configurar la estrategia de control del gestor EMS Board. Adicionalmente, este dispositivo cuenta con un puerto RS-485 para la comunicación con el vatímetro externo.

Máximo control de la energía consumida

El gestor energético de la instalación lleva un control exhaustivo de la cantidad de energía intercambiada con la red pública. Esta información es transferida en tiempo real desde el vatímetro al INGECON SUN® EMS Board, y estaría disponible para su visualización a través del software INGECON SUN® EMS Tools. Además, en el caso de una caída de red, la instalación puede operar en modo aislado si hay un sistema de almacenamiento acoplado a la instalación.



Múltiples instalaciones

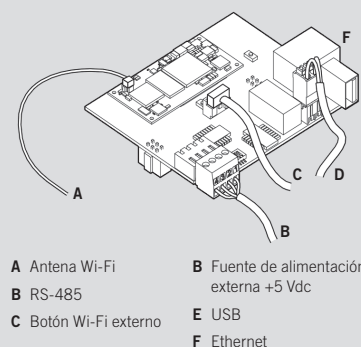
Hay diversos tipos de sistemas que pueden ser controlados por un INGECON® SUN EMS Board:

- Autoconsumo con generación fotovoltaica.
- Autoconsumo con almacenamiento.
- Hibridación diésel-generación fotovoltaica.
- Hibridación red pública-diésel-generación fotovoltaica.
- Monitorización.

Garantía estándar de 3 años

	EMS Board
Suministro de potencia	
Tensión de entrada	100 - 240 Vac
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz
Consumo de potencia	5 - 8 W
Posibilidad de alimentación AC externa	+5 V (mín. 2 W)
Conectividad	
Wi-Fi	✓
Ethernet	1
RS-485	1
USB para actualización de firmware	✓
Estrategias EMS avanzadas	✓
Compatible con IS Manager	✓
Compatible con IS EMS Tools	✓
Interfaz de comunicación con otros equipos	
Inversores Ingeteam	RS-485, Ethernet, Wi-Fi
Sistemas de monitorización	Ethernet, Wi-Fi, 3G ^(*)
Vatímetro	RS-485

^(*) Se puede conectar un módem 3G externo usando la conexión Ethernet o Wi-Fi del dispositivo IS EMS Board.





Ingeteam

Ingeteam Power Technology, S.A.

Avda. Ciudad de la Innovación, 13
31621 SARRIGUREN (Navarra) - Spain
Tel.: +34 948 288 000 / Fax: +34 948 288 001
e-mail: solar.energy@ingeteam.com

Ingeteam S.r.l.

Via Emilia Ponente, 232
48014 CASTEL BOLOGNESE (RA) - Italy
Tel.: +39 0546 651 490 / Fax: +39 054 665 5391
e-mail: italia.energy@ingeteam.com

Ingeteam SAS

La Naurouze B - 140 rue Carmin
31670 Labège - France
Tel.: +33 (0)5 61 25 00 00 / Fax: +33 (0)5 61 25 00 11
e-mail: france@ingeteam.com

Ingeteam INC.

3550 W. Canal St.
MILWAUKEE, WI 53208 - USA
Tel.: +1 (414) 934 4100 / +1 (855) 821 7190 / Fax: +1 (414) 342 0736
e-mail: solar.us@ingeteam.com

Ingeteam, a.s.

Technologická 371/1
70800 OSTRAVA - PUSTKOVEC
Czech Republic
Tel.: +420 59 732 6800 / Fax: +420 59 732 6899
e-mail: czech@ingeteam.com

Ingeteam, S.A. de C.V.

Ave. Revolución, n° 643, Local 9
Colonia Jardín Español - MONTERREY
64820 - NUEVO LEÓN - México
Tel.: +52 81 8311 4858 / Fax: +52 81 8311 4859
e-mail: northamerica@ingeteam.com

Ingeteam Ltda.

Rua Estácio de Sá, 560
Jd. Santa Genebra
13080-010 Campinas/SP - Brazil
Tel.: +55 19 3037 3773
e-mail: brazil@ingeteam.com

Ingeteam Pty Ltd.

Unit 2 Alphen Square South
16th Road, Randjiespark
Midrand 1682 - South Africa
Tel.: +2711 314 3190 / Fax: +2711 314 2420
e-mail: southafrica@ingeteam.com

Ingeteam SpA

Los militares 5890, Torre A, oficina 401
7560742 - Las Condes
Santiago de Chile - Chile
Tel.: +56 2 29574531
e-mail: chile@ingeteam.com

Ingeteam Power Technology India Pvt. Ltd.

2nd Floor, 431
Udyog Vihar, Phase III
122016 Gurgaon (Haryana) - India
Tel.: +91 124 420 6491-5 / Fax: +91 124 420 6493
e-mail: india@ingeteam.com

Ingeteam Sp. z o.o.

Ul. Koszykowa 60/62 m 39
00-673 Warszawa - Poland
Tel.: +48 22 821 9930 / Fax: +48 22 821 9931
e-mail: polska@ingeteam.com

Ingeteam Australia Pty Ltd.

iAccelerate Centre, Building 239
Innovation Campus, Squires Way
North Wollongong, NSW 2500 - Australia
Tel.: +61 499 988 022
e-mail: australia@ingeteam.com

Ingeteam Panama S.A.

Calle Manuel Espinosa Batista, Ed. Torre Internacional
Business Center, Apto./Local 407 Urb.C45 Bella Vista
Bella Vista - Panama
Tel.: +50 761 329 467

Ingeteam Service S.R.L.

Bucuresti, Sector 2, Bulevardul Dimitrie Pompeiu Nr 5-7
Cladirea Hermes Business Campus 1, Birou 236, Etaj 2
Romania
Tel.: +40 728 993 202

Ingeteam Philippines Inc.

Office 2, Unit 330, Milelong Bldg.
Amorsolo corner Rufin St.
1230 Makati
Gran Manila - Philippines
Tel.: +63 0917 677 6039

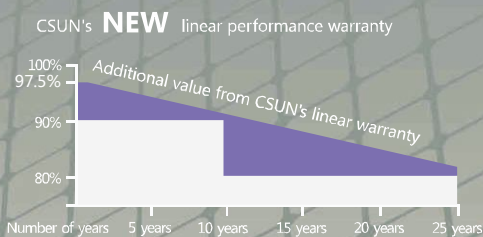
POLY



Powerguard Insurance Global Coverage

The power output shall not be less than 97.5% of the minimum power output stated in the product data sheet in the first year of the product's life cycle. The loss of power output shall not exceed 0.68% per year thereafter, ending with 80.7% in the 25th year.

■ CSUN ■ Standard Warranty



CSUN325-72P

The Large Scale Project Solution

CSUN325-72P CSUN320-72P CSUN315-72P
CSUN310-72P

16.78%

Module efficiency

325W

Highest power output

10years

Material & Workmanship warranty

25years

Liner power output warranty



PID-free



World class poly efficiency



Tighter product performance distribution and current sorting reduces the mismatch power loss in system operation



Positive tolerance offer



Good temperature coefficient enables higher output in high temperature regions



Excellent performance under low light conditions



Certified for salt/ammonia corrosion resistance



Load certificates: wind to 2400Pa and snow to 5400Pa

- China Sunergy Co., Ltd. designs, manufactures and delivers high efficient solar cells and modules to the world from its production centers based in China, Turkey, South Korea and Vietnam.
- Founded in 2004, China Sunergy is well known for its advanced solar cell technology reliable product quality and excellent customer service.
- As one of leading PV enterprises, China Sunergy has delivered more than 4.0GW of solar products to residential, commercial, utility and off-grid projects all around the world.

- Note:
All specifications, warranties, certifications about module of "CSUN" series also apply to that of "SST".

All information and data are subject to change without notice.

Right 2017



www.csun-solar.com

All rights reserved © CSUN

Classic OPzS Solar

Energy storage for outstanding power applications

The Classic OPzS Solar range has been well proven for decades in medium and large power applications. Due to their robustness, long design life and high operational safety they are ideally suitable for use in solar and wind power stations, telecommunications, power distribution companies, railways and many other safety equipment power supplies. The wide range of available capacities and sizes provides a solution for every power need, even in harsh environments.

Your benefits:

- > **Optimised design for renewable energy applications** – highest cycling ability and long life
- > **Special alloy and large electrolyte reserve** – very long topping up intervals
- > **Low maintenance** – saving costs
- > **Completely recyclable** – low CO₂ footprint



Specifications:

- > Nominal capacity (C₁₂₀ at 25 °C): 70.0 - 4600 Ah
- > Very thick tubular positive plates for the most demanding applications
- > Up to 2800 cycles at 60 % depth of discharge (C₁₀₀) with IU charging profile at 20 °C.
For enhanced performance and for systems ≥ 48 V we recommend IUI charging to reach 3000 cycles and more.
- > Designed in accordance with IEC 61427 and IEC 60896-11
- > Screw connectors for a better contact and reliability
- > Also available in dry-charged version with separate electrolyte
- > High quality transparent containers for easy maintenance



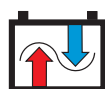
Nominal capacity
70.0 – 4600 Ah



Block battery/
Single cell



Tubular plate



up to 3000*+
cycles at
60 % depth
of discharge



Recyclable



Low
maintenance

*Using IUI charging at 20 °C

Classic OPzS Solar

Technical data

Technical characteristics and data

Type	Part number	Nom. voltage V	Nominal capacity C_{120} 1.85 Vpc 25 °C Ah	Length (l) max. mm	Width (b/w) max. mm	Height* (h) max. mm	Installed length (L) max. mm	Weight incl. acid approx. kg	Weight acid** approx. kg	Internal resistance mOhm	Short circuit current A	Terminal	Pole pairs
OPzS Solar 190	NVSL020190WC0FA	2	190	105	208	395	115	13.7	5.20	1.45	1400	F-M8	1
OPzS Solar 245	NVSL020245WC0FA	2	245	105	208	395	115	15.2	5.00	1.05	1950	F-M8	1
OPzS Solar 305	NVSL020305WC0FA	2	305	105	208	395	115	16.6	4.60	0.83	2450	F-M8	1
OPzS Solar 380	NVSL020380WC0FA	2	380	126	208	395	136	20.0	5.80	0.72	2850	F-M8	1
OPzS Solar 450	NVSL020450WC0FA	2	450	147	208	395	157	23.3	6.90	0.63	3250	F-M8	1
OPzS Solar 550	NVSL020550WC0FA	2	550	126	208	511	136	26.7	8.10	0.63	3250	F-M8	1
OPzS Solar 660	NVSL020660WC0FA	2	660	147	208	511	157	31.0	9.30	0.56	3650	F-M8	1
OPzS Solar 765	NVSL020765WC0FA	2	765	168	208	511	178	35.4	10.8	0.50	4100	F-M8	1
OPzS Solar 985	NVSL020985WC0FA	2	985	147	208	686	157	43.9	13.0	0.47	4350	F-M8	1
OPzS Solar 1080	NVSL021080WC0FA	2	1080	147	208	686	157	47.2	12.8	0.43	4800	F-M8	1
OPzS Solar 1320	NVSL021320WC0FA	2	1320	212	193	686	222	59.9	17.1	0.30	6800	F-M8	2
OPzS Solar 1410	NVSL021410WC0FA	2	1410	212	193	686	222	63.4	16.8	0.27	7500	F-M8	2
OPzS Solar 1650	NVSL021650WC0FA	2	1650	212	235	686	222	73.2	21.7	0.26	7900	F-M8	2
OPzS Solar 1990	NVSL021990WC0FA	2	1990	212	277	686	222	86.4	26.1	0.23	8900	F-M8	2
OPzS Solar 2350	NVSL022350WC0FA	2	2350	212	277	836	222	108	33.7	0.24	8500	F-M8	2
OPzS Solar 2500	NVSL022500WC0FA	2	2500	212	277	836	222	114	32.7	0.22	9300	F-M8	2
OPzS Solar 3100	NVSL023100WC0FA	2	3100	215	400	812	225	151	50.0	0.16	12800	F-M8	3
OPzS Solar 3350	NVSL023350WC0FA	2	3350	215	400	812	225	158	48.0	0.14	14600	F-M8	3
OPzS Solar 3850	NVSL023850WC0FA	2	3850	215	490	812	225	184	60.0	0.12	17000	F-M8	4
OPzS Solar 4100	NVSL024100WC0FA	2	4100	215	490	812	225	191	58.0	0.11	17800	F-M8	4
OPzS Solar 4600	NVSL024600WC0FA	2	4600	215	580	812	225	217	71.0	0.11	18600	F-M8	4
OPzS Solar 280	NVSL060280WC0FA	6	294	273	204	358	283	41.0	13.0	2.68	2283	F-M8	1
OPzS Solar 350	NVSL060350WC0FA	6	364	381	204	358	391	56.0	20.0	2.39	2800	F-M8	1
OPzS Solar 420	NVSL060420WC0FA	6	417	381	204	358	391	63.0	20.0	1.96	3106	F-M8	1
OPzS Solar 70	NVSL120070WC0FA	12	82.7	273	204	358	283	35.0	15.0	18.1	688	F-M8	1
OPzS Solar 140	NVSL120140WC0FA	12	139	273	204	358	283	45.0	14.0	9.26	1314	F-M8	1
OPzS Solar 210	NVSL120210WC0FA	12	210	381	204	358	391	64.0	19.0	6.46	1884	F-M8	1

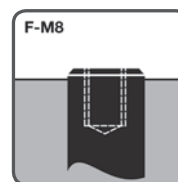
Type	C_6 1.75 Vpc	C_{10} 1.80 Vpc	C_{12} 1.80 Vpc	C_{24} 1.80 Vpc	C_{48} 1.80 Vpc	C_{72} 1.80 Vpc	C_{100} 1.85 Vpc	C_{120} 1.85 Vpc	C_{240} 1.85 Vpc
OPzS Solar 190	122	132	134	145	165	175	185	190	200
OPzS Solar 245	159	173	176	190	215	230	240	245	260
OPzS Solar 305	203	220	224	240	270	285	300	305	320
OPzS Solar 380	250	273	277	300	330	350	370	380	400
OPzS Solar 450	296	325	330	355	395	420	440	450	470
OPzS Solar 550	353	391	398	430	480	515	540	550	580
OPzS Solar 660	422	469	477	515	575	615	645	660	695
OPzS Solar 765	492	546	555	600	670	710	750	765	805
OPzS Solar 985	606	700	710	770	860	920	970	985	1035
OPzS Solar 1080	669	773	784	845	940	1000	1055	1080	1100
OPzS Solar 1320	820	937	950	1030	1150	1230	1295	1320	1385
OPzS Solar 1410	888	1009	1024	1105	1225	1305	1380	1410	1440
OPzS Solar 1650	1024	1174	1190	1290	1440	1540	1620	1650	1730
OPzS Solar 1990	1218	1411	1430	1550	1730	1850	1950	1990	2090
OPzS Solar 2350	1573	1751	1770	1910	2090	2200	2300	2350	2470
OPzS Solar 2500	1667	1854	1875	2015	2215	2335	2445	2500	2600
OPzS Solar 3100	2080	2318	2343	2520	2755	2910	3040	3100	3250
OPzS Solar 3350	2268	2524	2550	2740	2985	3135	3280	3350	3520
OPzS Solar 3850	2592	2884	2915	3135	3430	3615	3765	3850	4040
OPzS Solar 4100	2775	3090	3125	3355	3650	3840	4000	4100	4300
OPzS Solar 4600	3099	3451	3490	3765	4100	4300	4500	4600	4850
OPzS Solar 280	203	206	229	250	296	304	287	294	338
OPzS Solar 350	245	257	284	311	374	383	355	364	424
OPzS Solar 420	284	309	322	354	420	432	408	417	482
OPzS Solar 70	55.0	51.5	63.7	69.4	78.4	79.8	81.0	82.7	92.9
OPzS Solar 140	95.4	103	108	118	141	145	136	139	162
OPzS Solar 210	131	154	162	177	206	217	203	210	234

Capacities in Ah ($C_6 - C_{240}$ at 25 °C)

* Includes installed connector, the above mentioned height can differ depending on the used vent(s).

** Acid density $d_N = 1.24$ kg/l

Terminal and torque

12 Nm for blocks;
20 Nm for cells

Data is also valid for dry charged version.
Change »W« (Wet) to »D« (Dry) in the part number.
E.g.:

> filled and charged: NVSL120070 W C0FA

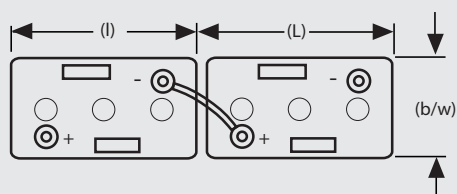
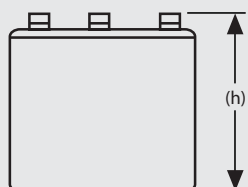
> dry charged: NVSL120070 D C0FA

Classic OPzS Solar

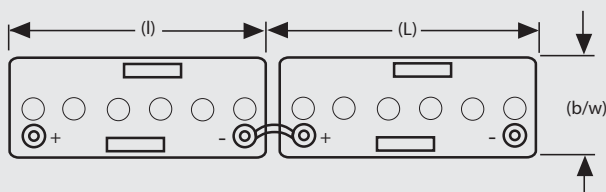
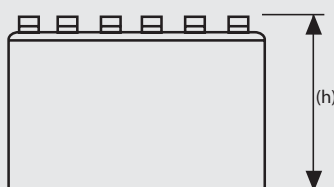
Drawings

Drawings with terminal position

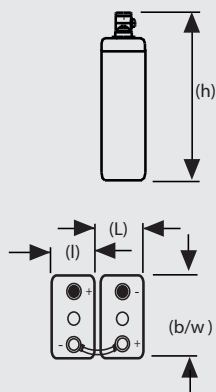
6 V Blocks



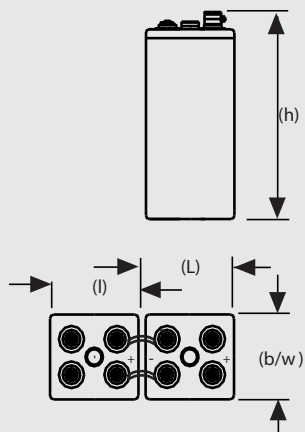
12 V Blocks



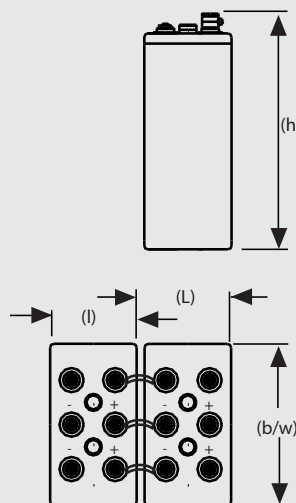
OPzS Solar 190 – OPzS Solar 1080



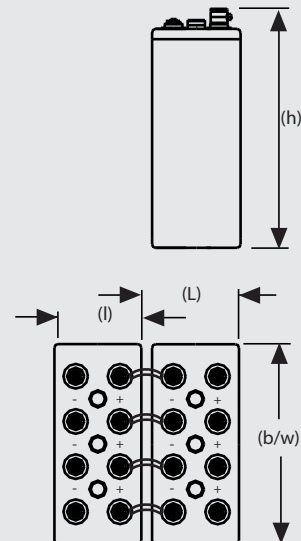
OPzS Solar 1320 – OPzS Solar 2500



OPzS Solar 3100 – OPzS Solar 3350



OPzS Solar 3850 – OPzS Solar 4600



Not to scale!